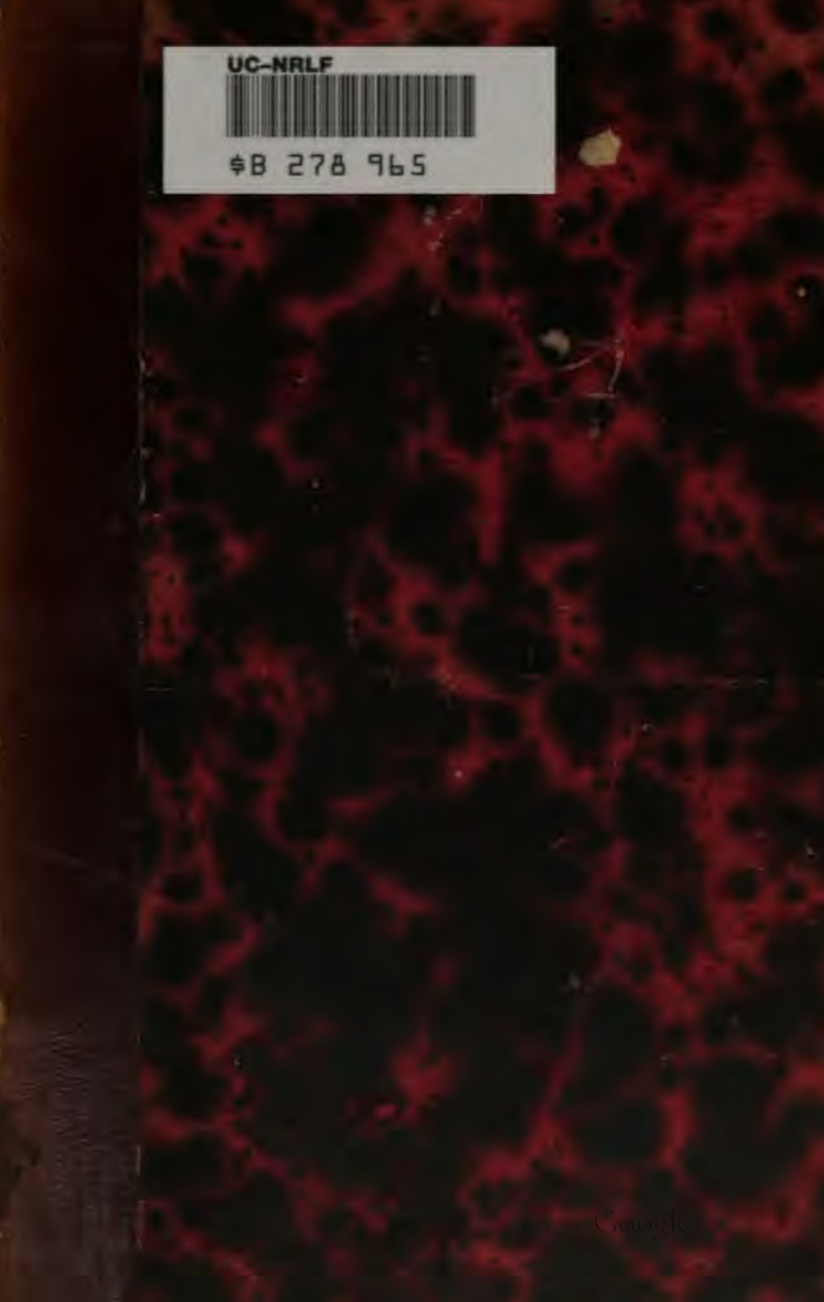
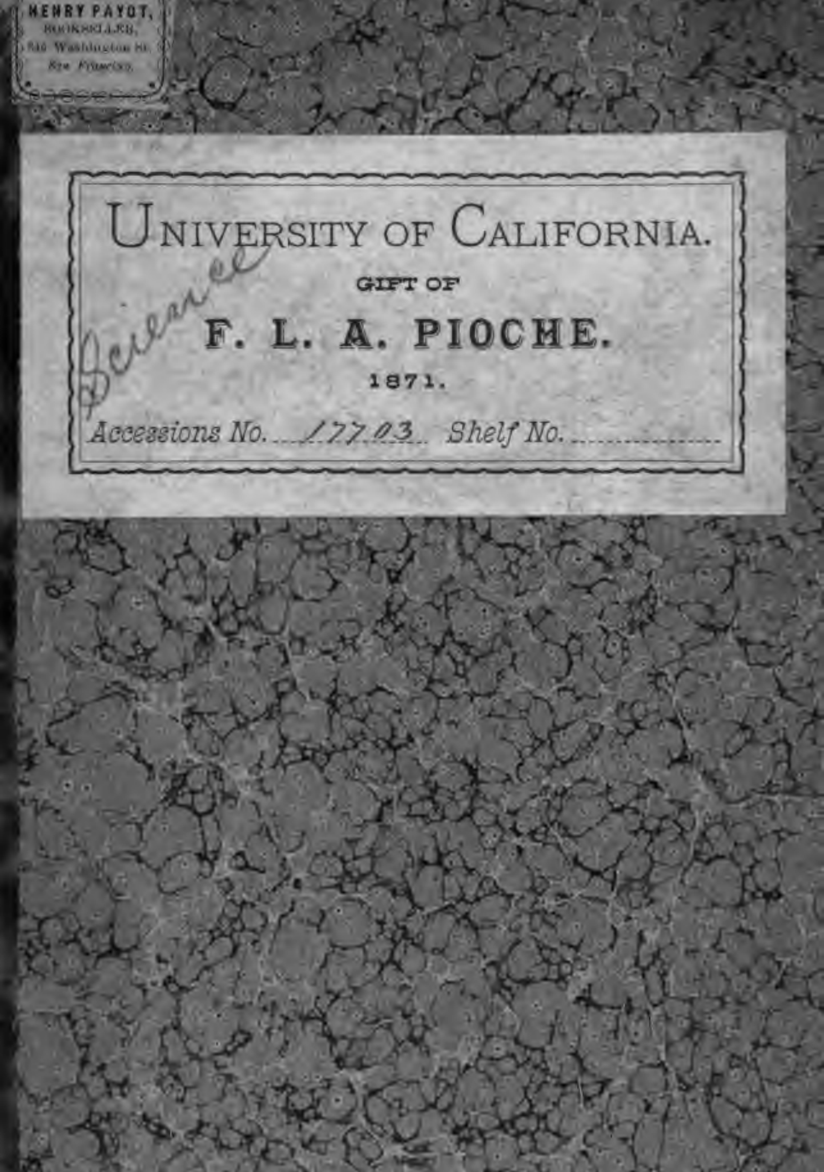
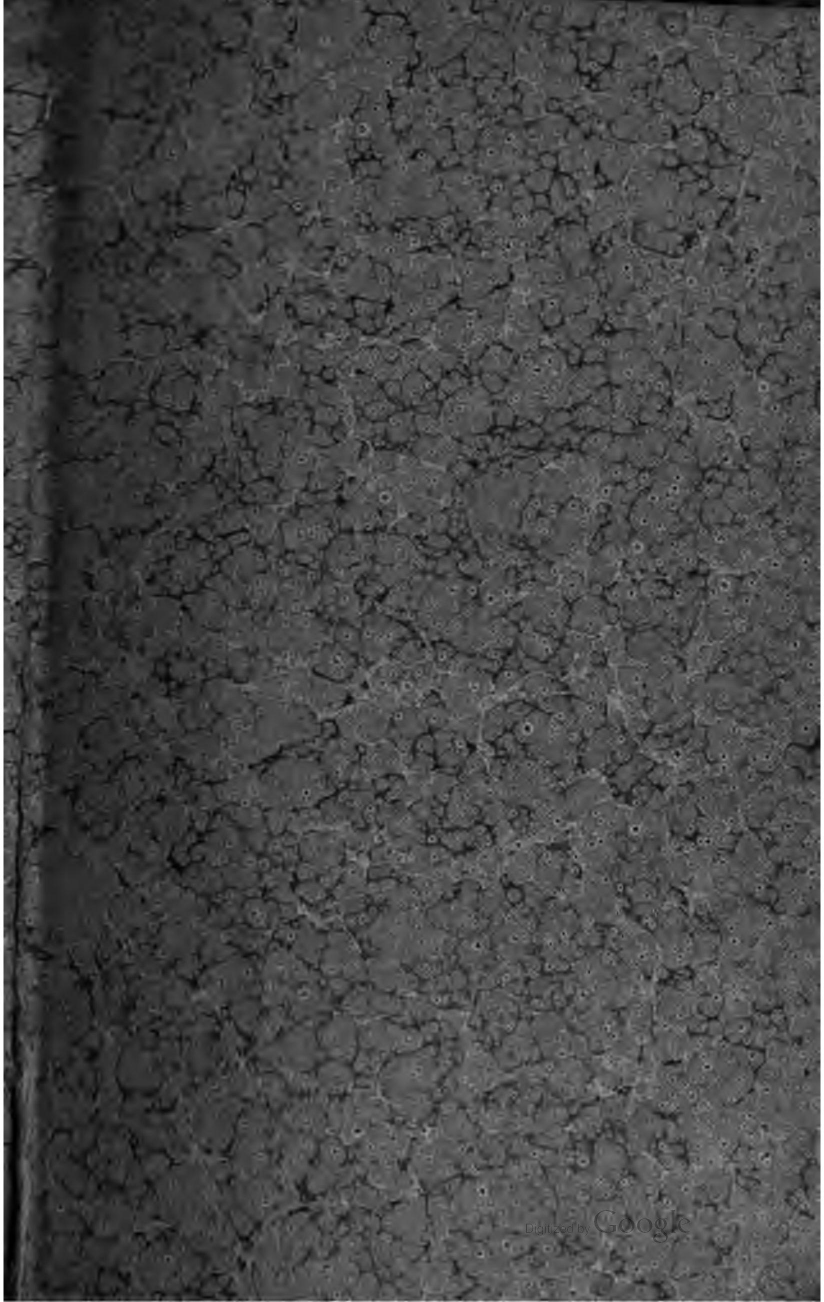

UC-NRLF
$B 278 965


HENRY PAYOT,
BOOKSELLER,
San Francisco.



MENUS PROPOS

SUR

LES SCIENCES

Coulommiers. — Imprimerie de A. MOUSSIN.

MENUS PROPOS

SUR LES

SCIENCES

PAR

FÉLIX HÉMENT

OUVRAGE COURONNÉ PAR LA SOCIÉTÉ POUR L'INSTRUCTION ÉLÉMENTAIRE
ET ADOPTÉ PAR LA COMMISSION OFFICIELLE
POUR ÊTRE DONNÉ EN PRIX DANS LES ÉCOLES

DEUXIÈME ÉDITION

Revue et corrigée



PARIS

LIBRAIRIE
DU PETIT JOURNAL
21, boulev. Montmartre

CH. DELAGRAVE ET Cie
ÉDITEURS
78, rue des Écoles

1868

AVERTISSEMENT

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Je ne présente pas comme un livre achevé ces pages écrites au courant de la plume. Mais cette publication, si modeste qu'elle soit, a cependant un but. Depuis vingt ans environ, je suis membre du Corps enseignant, et depuis plus de dix ans, je fais partie des associations qui s'occupent de l'instruction des classes laborieuses. J'ai été assez heureux pour me trouver parmi ceux qui ont inauguré les Bibliothèques populaires et les Conférences; j'ai même créé celles qu'un public sympathique désigna sous le nom de *Conférence du quai Malaquais*, et qui étaient spécialement destinées

aux femmes. Dans les journaux où j'écris chaque semaine (1), j'ai continué à enseigner, et c'est aussi le but que je me suis proposé en publiant ce livre.

Bien que le ton de ces leçons soit celui d'une causerie familière, j'espère que le lecteur sentira l'intérêt et l'importance des questions qui y sont agitées.

FÉLIX HÉMENT

Juillet 1866.

(1) *La France, le Petit Journal, le Journal littéraire.*

MÉCANIQUE

I.

LA MACHINE

§ 1

Qu'est-ce qu'une machine? demandait-on à un ouvrier anglais. — Tout ce qui, au-delà des dents et des ongles, sert à travailler, répondit-il. — L'ouvrier se trompait; les dents et les ongles sont eux-mêmes des machines ainsi que nos membres qui sont des leviers. On pourrait même dire que ce sont les machines naturelles dont il dispose qui donnent à l'homme l'idée des machines artificielles qu'il invente.

Au début, l'homme se sert tout naturellement de ce qu'il a en lui ou de ce qui ne lui coûte aucun effort. Il trouve dans ses membres des machines toutes prêtes; dans les pierres, des armes ou des

outils tout faits. Veut-il boire? Il rassemble ses doigts, arrondit sa main en coupe, et puise à même dans l'eau du ruisseau. Plus tard il trouvera l'écorce durcie et résistante d'un fruit ou le crâne d'un de ses semblables qui lui fournira un vase naturel. Son instinct d'imitation une fois éveillé, il façonnera lui-même des ustensiles divers en creusant le bois ou en moulant l'argile. Ainsi il invente le seau, la cruche, la jarre, etc. .

Des raisons nombreuses le poussent à s'établir au bord des lacs et des cours d'eau. Le besoin d'eau d'abord, puis les ressources de la pêche; enfin, le fleuve est pour lui une voie de communication, *un chemin qui marche et qui porte où il veut aller.* Il trouve donc l'eau à sa portée, et sans peine il remplit son vase. Mais lorsqu'il sera forcé de s'éloigner du fleuve, de vivre dans les forêts ou dans les terres, il creusera des puits, et, de ce jour, il inventera la corde pour y suspendre le seau. Enfin viendra cette ingénieuse machine, la poulie, qui permet de tirer la corde dans un sens plus commode sans qu'il y ait de force perdue.

Le seau fournit tout d'un coup une assez grande quantité d'eau : c'est donc une dépense de force notable en un temps relativement court. A l'aide de la pompe, le travail est décomposé. On obtient la même quantité d'eau en détail, par une série de faibles efforts et à la condition d'y employer un temps plus long.

Par ce seul exemple pris au hasard, on voit comment l'homme arrive graduellement à la machine la plus complète.

§ 2

Quel but se propose-t-on en inventant une machine?

Pour répondre à cette question, examinons quelques machines et, par les services qu'elles nous rendent, nous jugerons de la pensée qui les a fait créer. La poulie, par exemple, dont il vient d'être question, est destinée à changer la direction d'un mouvement, ou, sans modifier la direction, d'en changer le sens. Dans certains cas, c'est pour rendre la manœuvre plus commode, par exemple, lorsqu'on fait monter un seau en tirant la corde en sens contraire.

Mais en général un mouvement ne saurait être transformé sans qu'il en résulte une transformation de la force appliquée à la machine. Lorsqu'à l'aide d'un levier, le maçon soulève une pierre très-lourde, qu'il n'eût pu soulever avec la main, il semble que le levier multiplie la force, et c'est ainsi que pense le monde. Ce qu'on voit, c'est *ce que l'on gagne en force;* ce qu'on ne voit pas, c'est *ce que l'on perd en espace* ou *en vitesse.* Car pendant que la main armée du levier fait un grand mouvement, la pierre s'élève d'une très-petite hauteur. De sorte que si,

grâce au levier, on peut soulever *un poids dix fois plus grand* que celui que soulèverait la main seule, en revanche on ne le soulève que *d'une hauteur dix fois moindre* que celle parcourue par la main.

On n'apprécie exactement un travail qu'autant qu'on tient compte de la force dépensée et de l'espace ou de la vitesse, *c'est le produit de ces deux éléments qui seul peut servir de mesure au travail accompli.* Tant qu'on ne fera intervenir que l'un d'eux, on n'aura qu'une notion fausse, et des machines, et du travail. Si divers ouvriers payés à la tâche transportent des fardeaux de poids égaux à des distances inégales, il sera injuste de les rétribuer également, c'est-à-dire sans tenir compte de la distance. Si des hommes puisent de l'eau avec des seaux d'égale capacité dans des puits de profondeurs différentes, il sera injuste de ne les rétribuer qu'en raison de la quantité d'eau fournie et sans avoir égard à la profondeur de chaque puits.

Qu'on veuille bien observer les résultats fournis par chaque machine et les efforts de chaque moteur, on sera toujours frappé de ce fait que ce que l'on gagne en force, on le perd en vitesse. Il serait bien étrange en effet qu'une machine qui n'est, après tout, qu'un assemblage de pièces diverses de bois ou de métal, c'est-à-dire de corps ne pouvant produire de la force, eût pourtant la propriété de multiplier ce qu'elle ne peut produire. La machine est un intermédiaire qui modifie, mais elle ne fait que transmettre ce qu'elle reçoit en le distribuant sous une forme différente de celle sous laquelle elle l'a reçu. Elle divise la force afin de l'appliquer sur un

plus grand nombre de points, comme une personne qui change une pièce d'argent en monnaie de cuivre afin de l'employer à un plus grand nombre d'usages. Mais naturellement, si je divise ma force en cent parties égales, en chaque point où sont appliqués ces centièmes de force, je ne saurais produire plus d'un centième d'effet. Ainsi, je puis, avec la main, soulever un poids de quinze kilogrammes à un mètre de haut dans une seconde, mais si j'exerce mes efforts par l'intermédiaire du levier sur un poids de cent cinquante kilogrammes, c'est-à-dire dix fois plus grand, il n'y aura qu'un dixième de ma force en chacun des quinze kilogrammes dont se composent les cent cinquante kilogrammes. Dès lors, chacun de ces quinze kilogrammes et, par suite, les cent cinquante ne pourront être soulevés que du dixième d'un mètre, soit d'un décimètre.

Prenons encore un dernier exemple, la presse hydraulique, pour justifier une fois de plus ce principe : qu'on gagne en force ce qu'on perd en vitesse et réciproquement. Cette machine, on le sait, permet d'exercer d'énormes pressions au moyen d'efforts relativement faibles. On s'en sert tantôt pour réduire le volume de certains corps afin d'en rendre le transport facile, tantôt pour extraire les liquides ou les sucs contenus dans certains corps.

Imaginez deux cylindres, l'un très-grand, l'autre très-petit, verticaux tous deux, mis en communication par un tuyau horizontal. Dans chacun est un piston. Supposez maintenant qu'on refoule de l'eau du petit cylindre dans le grand à l'aide du piston, le grand piston s'élèvera, mais dix fois moins, s'il est

dix fois plus grand, cent fois moins, s'il est cent fois plus grand. C'est en effet la même quantité d'eau qui passe d'un tuyau dans l'autre et qui, s'étendant en surface, perd nécessairement en hauteur.

On pourrait ainsi vérifier sur chaque machine l'exactitude du principe énoncé.

§ 3

Non-seulement les machines ne font rien gagner, mais elles font perdre une partie de la force. Tout intermédiaire, quel qu'il soit, machine ou employé, se paie. Je ne puis me servir du levier sans le soutenir, sans avoir, par conséquent, à dépenser pour cela une portion de mes efforts que j'emploierais directement à mon but si je ne faisais pas usage du levier. Comment faire usage de la poulie sans vaincre la *raideur de la corde* pour la forcer à s'enrouler sur la gorge de la poulie? Comment faire engrener deux roues dentées, et, en général, comment unir deux organes quelconque, sans qu'il y ait *frottement?* Toutes ces *résistances* consomment une partie de la force, toutes diminuent *l'effet utile* ou le *rendement* de la machine. Une partie de la force appliquée à la machine est donc perdue, c'est celle qui est employée à vaincre les diverses résistances qu'on y rencontre. De sorte que ja-

mais la totalité de la force employée n'est utilisée pour le but qu'on se propose d'atteindre avec la machine.

Une chute d'eau fait tourner une roue, celle-ci transmet son mouvement à des roues dentées qui, à leur tour, font aller les meules, mais la force qui anime les meules n'est pas égale à celle qui fait mouvoir la roue hydraulique. La machine a servi d'intermédiaire et, comme tout intermédiaire, elle a pris sa part. Une machine idéale serait celle qui transmettrait intégralement ce qu'elle recevrait. Cela ne saurait être, car toute machine est faite d'organes matériels; il y a du bois, du fer, des cordes et, par conséquent, des frottements, des chocs, etc., qui produisent du bruit, c'est de la force qui s'en va en bruit sans aucune utilité. Défiez-vous des machines bruyantes; elles ressemblent à ces gens qui font un grand étalage et peu de besogne. Ayant usé leurs efforts à faire des démonstrations; il ne leur reste plus assez de force pour les affaires. Une machine qui marche silencieusement possède des organes de formes, de dimensions et de poids calculés de telle sorte que leurs mouvements s'accomplissent sans efforts. Ils tournent, se balancent, vont et viennent dans des sens divers et semblent se jouer comme une ronde d'êtres animés se tenant par les mains.

Voyez la machine humaine. Les bras ont beau s'agiter, les jambes peuvent courir portant le corps comme un fardeau, et pourtant rien ne grince, rien ne crie. Point de frottement, de raideur ni de chocs, ou plutôt le moins possible. Il est vrai que le moteur et la machine ne sont pas distincts, chaque muscle est tout à la fois produc-

teur et consommateur, c'est une machine-moteur.
Comment peut-on après cela rêver le mouvement perpétuel ? Non le mouvement permanent dont nous avons des exemples dans chacune de nos horloges et qui est entretenu parce qu'on remonte l'horloge, mais le mouvement perpétuel, c'est-à-dire un mouvement qui se transmet à travers une machine sans que celle-ci en prenne une part, une sorte d'intermédiaire complétement désintéressé, ou, si l'on veut, des employés qu'on ne paie point et qui font de bonne besogne. Une machine impossible où des pièces de bois ou de métal tournent les unes sur les autres sans frotter, où les cordes s'enroulent et se déroulent sans résistance, où des roues tournent sans déplacer l'air qui les enveloppe, où des pistons s'agitent sans qu'il y ait de chocs produits. A cette seule condition, la machine, commissionnaire intègre, transmettra fidèlement la force qu'elle aura reçue. L'action de la chute d'eau, appliquée à la roue hydraulique, courra à travers les divers organes pour atteindre sans avoir perdu de son énergie les meules qui broient le grain ; la puissance de la vapeur passera intégralement des pistons aux roues qui emporteront le convoi, ou à l'hélice qui entraîne le bâteau. Une pareille machine ne saurait exister, et le mouvement perpétuel est une chimère.

II

LE MOTEUR

La machine est un composé d'organes matériels, c'est un être inerte, si un moteur ne l'anime pas. Que peuvent faire des pièces de bois ou de métal, unis d'une manière quelconque? Ni leur forme, ni leur grandeur, ni leur union ne peuvent leur donner le mouvement. La voiture restera immobile sans l'action du cheval, la locomotive, sans l'action de la vapeur, le moulin sans l'impulsion de l'eau, du vent ou de la vapeur.

A l'origine, avant la conquête des animaux domestiques, l'homme est à lui-même son propre moteur. Plus tard, le cheval, le bœuf, le chameau, l'éléphant, le renne partageront ses travaux. Ce sont là les moteurs animés.

Tous les travaux de l'antiquité, si considérables qu'ils soient, ont été exécutés par des moteurs ani-

més et à l'aide de quelques machines simples. Les monuments si imposants de l'Égypte ont été élevés par des milliers d'esclaves, qui y ont usé leur vie. On peut s'en étonner au premier abord, quand on considère la grandeur de l'œuvre et la faiblesse des moyens : cela paraît au contraire plus naturel si l'on tient compte de la multitude des ouvriers, du temps employé et du peu de souci qu'avaient les anciennes sociétés de la vie humaine. Certains insectes qui vivent en société élèvent des monuments qui, toute proportion gardée, sont plus grands que les pyramides. On peut obtenir bien plus qu'on ne le croit d'hommes dont la vie n'est comptée qu'en raison des services matériels. On les use, dira-t-on, qu'importe, s'ils sont assez nombreux pour être constamment renouvelés.

Ce qui fait l'infériorité des civilisations antiques, ce n'est pas seulement d'avoir eu des esclaves,— il en existe encore sous d'autres noms au milieu de nous, — c'est d'avoir admis le droit d'en posséder et d'en user en toute liberté comme d'une chose. Ce qui est au contraire une marque de progrès pour notre temps, c'est le respect de la vie qu'on a étendu jusqu'aux animaux domestiques. Non seulement l'homme est protégé par les lois et d'ailleurs il est libre, mais l'animal, cet éternel esclave de l'homme est aussi sauvegardé contre les mauvais traitements du maître qu'il nourrit et qu'il enrichit.

Quel détestable et faux calcul que celui qui porte à exiger un travail excessif des moteurs animés! Le travail accompli par ces moteurs n'est jamais plus fructueux que lorsqu'il est lent et régulier. La force

consommée est ainsi remplacée par une force nouvelle. Les violents efforts, au contraire, nécessitent un temps de repos assez long. En outre, l'animal s'épuise, il meurt jeune, sans avoir rendu les services qu'on en pouvait attendre. Mais ce qu'il y a surtout à déplorer, ce sont les brutalités qu'entraîne nécessairement l'habitude d'exiger un travail anormal.

L'eau et le vent ont été ensuite utilisés concuremment avec les moteurs animés. Ce sont des puissances plus grandes et presque gratuites. Il n'y a pas à les nourrir, à les abriter, à les soigner, mais rien ne saurait ni les exciter ni les tempérer. Quelle excellente chose, pense-t-on, qu'un moteur puissant, infâtigable et gratuit. Oui, mais quelle détestable chose qu'un moteur sur lequel on ne peut compter. Le vent souffle ou ne souffle pas, il souffle dans une direction ou dans une autre, il est violent ou faible. Quoi de plus incertain, de plus mobile, de plus variable que le vent. Et l'eau ! elle manque en été, elle est trop abondante en automne; la chaleur vide le fleuve que les pluies gonflent jusqu'au débordement. L'hiver immobilise les eaux sous forme de glace. Ainsi rien de régulier avec de semblables moteurs; l'excès du travail ou le chômage forcé, l'abondance ou la disette, la vie sauvage au lieu de la vie civilisée.

La vapeur n'agit pas comme les moteurs animés d'une manière intermittente et pendant un temps limité; son action ne s'exerce pas, comme celle des éléments, d'une manière irrégulière et à des intervalles de temps variables. Elle ne ressemble pas à l'atmosphère qui est tantôt calme, tantôt doucement agi-

tée, tantôt traversée par de violents courants, ni au fleuve au cours inégal, considérablement réduit pendant la sécheresse ou grossi par la débâcle des glaces ou les pluies torrentielles. Elle n'est pas gratuite, il est vrai, mais elle est docile, d'une action régulière et continue. Elle s'adapte aux machines les plus variées et n'est pas moins précieuse pour la facilité avec laquelle on la dirige que pour les divers degrés d'énergie qu'elle peut acquérir. Elle régularise le travail, le civilise, pour ainsi dire, en le rendant toujours possible. Désormais les meules du moulin, aussi bien que la scie, le laminoir et la filière marchent selon les besoins du commerce et de l'industrie. Le vaisseau fend les ondes en dépit des vents contraires. La machine à vapeur devient une main puissante, souple, délicate, ingénieuse et infatigable, également habile pour les travaux les plus divers.

Veut-on maintenant connaître la puissance relative de ces divers moteurs.

III

L'OUTIL

A quoi sert l'outil?

L'outil est destiné à modifier dans sa forme, ses dimensions ou son aspect, un fragment quelconque de matière. Les outils se sont perfectionnés comme le langage; d'abord grossiers et informes comme la pierre du chemin, comme le silex naturel, ils étaient tout à la fois les armes, les ustensiles et les outils de l'homme primitif. Plus tard, ils furent de silex poli, usé de manière à présenter des arêtes tranchantes, taillé en forme de hache, de flèche ou de couteau. Ceux-ci, à leur tour, cèderont la place aux outils de bronze qui seront remplacés par les outils de fer et d'acier.

C'est le feu qui permit d'utiliser le métal. D'abord, on put le dégager du sein de ses *combinaisons* avec les corps étrangers; puis on parvint à le ra-

mollir. *Battu pendant qu'il était chaud*, il reçut les formes les plus variées. Aussi les premiers hommes qui travaillent les métaux sont-ils des forgerons.

La découverte de la trempe de l'acier fut, pour ainsi dire, la conquête d'un nouveau métal. On connaissait évidemment l'acier et la fonte, du moment que le fer lui-même était connu, car, on le sait déjà, ces substances, qui diffèrent beaucoup dans leurs propriétés, diffèrent peu dans leur composition. La trempe donnait à l'acier de nouvelles et précieuses qualités; la trempe, c'est-à-dire un refroidissement brusque, une sorte de saisissement qui immobilise les molécules dans une situation anormale. L'acier est chauffé, ses molécules se sont écartées, il s'est dilaté, vite on le plonge dans un liquide froid et le voilà *trempé*. Plus le refroidissement est vif, plus la trempe est forte. L'acier, déjà si différent du fer, s'en sépare plus nettement encore. Cette opération si simple en a fait un des corps les plus durs et d'une dureté qui varie avec la trempe, mais, en même temps, il est devenu fragile. On le réchauffe, on le *recuit*, et les molécules s'écartent de nouveau peu à peu, et choisissent une position moins anormale que celle qu'elles avaient brusquement prise sous l'influence de la trempe.

Ainsi, par un juste emploi de la trempe et du recuit, on arrive à varier la dureté des outils, à les rendre d'autant plus durs que les substances sur lesquelles s'exerce leur action sont elles-mêmes plus résistantes. On possède dès lors un corps qui peut rayer, ronger, entamer plus ou moins profondément les métaux.

Est-ce là tout? — Non. Si la dureté est en cette circonstance une propriété essentielle, car pour qu'un corps puisse en rayer un autre, pour qu'il puisse pénétrer dans cet autre, il faut qu'il soit plus dur, il est une autre qualité non moins importante, et qui même permet de tirer de la dureté tout le parti possible, c'est la forme qu'on donne à l'outil. Si l'on y regarde de près, on s'aperçoit bientôt que le plus souvent l'outil est un ongle ou une dent d'acier. Comme c'est l'ongle ou la dent qui agit, on ne trempe que l'extrémité de l'outil et on évite ainsi que la partie supérieure ne soit fragile. L'outil devient donc un doigt souple et résistant armé d'un ongle acéré.

Tant qu'on ne fit usage que d'outils tenus à la main, on ne construisit les grandes pièces métalliques qu'en petit nombre. Aussi les premières machines à vapeur renferment-elles un certain nombre d'organes en bois, et les transformations de mouvement sont-elles limitées. Un outillage plus complet et plus puissant pouvait seul permettre de travailler de grandes pièces et de réaliser d'autres moyens de transmission que le balancier; d'autre part, la vapeur seule offrait une force suffisante et d'un emploi facile pour manier un outil plus énergique. On s'explique ainsi comment la vapeur a été une cause directe et indirecte de la création des *machines-outils :* la force de l'homme est remplacée par la vapeur, et sa main par une machine.

C'est donc tout à la fois la puissance, la régularité, la continuité et l'amplitude des mouvements. Malheureusement il n'est pas possible d'avoir la ra-

pidité avec tout cet ensemble de qualités. L'ongle d'acier gratte lentement parce qu'il gratte avec force. Aussi toutes les machines-outils frappent-elles par leur masse imposante et la lenteur de leur action. On s'arrête devant ces colosses de fer, et on se demande pourquoi toute cette charpente massive en métal!

Il la faut pour consolider l'outil; il la faut encore pour supporter la pièce sur laquelle l'outil s'exerce. Il s'agit ici, on le comprend sans peine, du travail du fer. Cherchez parmi les nombreuses pièces de cette construction le petit outil qui agit, vous trouverez un rabot, un burin, un foret, un taraud.

Le rabot a la forme d'une griffe. Il avance le long de la pièce à unir ou à aplanir, dans un plan horizontal ou dans un plan vertical, supporté par un chariot que l'on peut faire mouvoir de manière à rapprocher ou à éloigner l'outil de la pièce, afin de l'entailler plus ou moins profondément.

La machine à raboter devient *machine à mortaiser* si le rabot est employé à pratiquer des rainures nommées *mortaises*, en détachant sur un point déterminé une portion de métal plus ou moins considérable.

Ce même rabot, agissant à l'intérieur des cylindres, pour en rendre la surface unie et la section circulaire dans tous les points, prend le nom d'*alésoir*. Dans un cylindre alésé, le piston glisse presque sans frottement et sans pourtant laisser d'issue à la vapeur.

Enfin, ce même rabot, associé au tour, permet de raboter circulairement et de faire des cylindres aussi

facilement que des surfaces plates. Dans ce cas, le support du rabot se meut suivant la longueur de la pièce à tourner et le rabot se présente perpendiculairement à l'axe de cette pièce. Il arrache le métal par cercles successifs très-étroits, à la façon dont on pèle une pomme en tournant tout autour du fruit et en avançant en même temps d'un pôle du fruit à l'autre. C'est alors la *machine à buriner*.

Le *foret* est destiné à percer, il agit à la façon du tire-bouchon, il pénètre dans le métal en tournant sur lui-même et en avançant, comme la vrille, dans le bois ou la pierre. C'est une sorte de rabot oblique qui ronge le métal dans une direction inclinée par rapport à la surface. Plus le métal est dur, plus on l'attaque avec ménagement : la partie tranchante de l'outil est alors moins aiguë et s'avance en effleurant pour ainsi dire le métal. L'attaque est au contraire plus vive si la résistance est moins grande; l'outil est alors plus tranchant et s'avance plus rapidement.

On peut détacher tout d'un coup, à l'*emporte-pièce*, la totalité du fragment de métal. L'emporte-pièce est une sorte de couteau circulaire ou polygonal, selon la forme des trous que l'on veut pratiquer. Il s'avance perpendiculairement à la pièce à percer, pénètre par pression et chasse devant lui le métal qui semble devenu plus doux et avoir acquis une fluidité inaccoutumée. Cette machine porte le nom de *machine à percer*.

Dans chacune des machines précédentes, on utilise la vis pour obtenir des mouvements de progression continue, ayant des vitesses variées. La vis est

donc elle-même une des machines les plus utiles et qui exige pour la construire la *machine à fileter* ou à *tarauder*. L'outil est un *peigne* métallique à dents courtes et fortes, que l'on dispose perpendiculairement au cylindre à fileter, le cylindre tourne et les dents du peigne y pénètrent, creusant des rainures qui laissent entre elles les *filets* ou parties saillantes de la vis. Mais pour que les rainures soient hélicoïdales, c'est-à-dire comme un escalier tournant, le peigne se meut dans le sens de l'axe du cylindre en même temps que ce dernier tourne.

Dans le travail du bois, le rabot et la scie jouent le principal rôle. Mais le rabot n'est plus cet ongle d'acier qui gratte et écorche le fer, c'est la lame tranchante, doucement inclinée sur le bois dont elle détache une pellicule qui s'enroule en copeaux frisés. L'inclinaison de la lame varie, son mouvement est rectiligne ou circulaire, son épaisseur plus ou moins grande, son tranchant plus ou moins acéré.

Quant à la scie, c'est une lame ou ruban d'acier trempé dont on découpe le bord en zigzag. Elle raie, elle égratigne par l'action continue de ses dents pointues. La forme, la grandeur, la dureté de la dent varient; elles doivent se présenter perpendiculairement ou obliquement à la surface. Enfin le degré de la trempe change selon la nature du bois, la forme de la scie et l'usage auquel on la destine.

IV

LA LOCOMOTIVE

La locomotive est le *moteur*, le cheval du convoi. On y remarque trois parties : la *chaudière, le mécanisme et le véhicule*. Dans la chaudière se produit la vapeur ou la force, celle-ci exerce son action sur les pistons qui commandent à tout le mécanisme et par conséquent aux roues du véhicule qui porte le tout.

On distingue dans la chaudière deux boîtes, l'une en avant ou *boîte à feu*, l'autre en arrière ou *boîte à fumée*, et, entre les deux, le corps de la chaudière sensiblement cylindrique. La boîte à feu, son nom l'indique, est le foyer ; la boîte à fumée est la base de la cheminée. La flamme ne passe pas au-dessous de la chaudière pour se rendre du foyer à la cheminée ; elle traverse la chaudière elle-même. Un grand nombre de tubes, 150, 200 et même davantage vont d'une extrémité à l'autre de la chaudière et font

communiquer les deux boîtes. L'eau occupe l'espace compris entre les tubes. Ce sont donc, pour ainsi dire, des tubes d'eau alternant avec des tubes de feu. Il en résulte que l'eau est chauffée sur un très-grand nombre de points, ou si l'on veut que la *surface de chauffe* est très-grande. Or, plus l'eau est chauffée, plus elle fournit de vapeur, et plus la vapeur est puissante.

Mais il faut un tirage actif et comment l'obtenir? Au moyen d'une cheminée élevée. — Cela n'est pas possible avec les tunnels et la vitesse des trains? Stephenson a résolu le problème : la vapeur qui a produit son effet et qui aurait été chassée au dehors sans aucun profit est lancée dans la cheminée. A chaque coup de piston un jet de vapeur s'échappe par la cheminée entraînant la fumée avec elle. Aussi voit-on du même tuyau sortir et fumée et vapeur.

De même que le cheval, la chaudière a un mors, c'est-à-dire un certain nombre d'appareils qui permettent de la gouverner. C'est un tube en verre communiquant avec la chaudière et qui permet de voir le niveau de l'eau, — le niveau ne doit être en effet ni trop haut ni trop bas, car il faut assez de vapeur pour faire aller la machine et assez d'eau pour produire la vapeur. — Puis des soupapes de sûreté; sortes de couvercles fermant chacun une ouverture de la chaudière et maintenus chacun par un ressort qui cède lorsque la vapeur a une tension trop forte. Un manomètre pour connaître la tension de la vapeur. Ces appareils sont destinés à la chaudière proprement dite, mais il y a, en outre, un cendrier

sous le foyer qui reçoit les escarbilles et un treillis dans la cheminée pour arrêter les flammèches afin d'éviter des incendies sur le passage de la locomotive.

Le mécanisme se compose en général de deux cylindres dans chacun desquels se meut un piston. Un tuyau conduit la vapeur de la chaudière aux cylindres; elle agit successivement sur chaque face du piston, le chasse dans un sens, puis en sens contraire, en un mot lui donne un mouvement de va et vient. Une tige ou *bielle* reçoit ce mouvement et le transmet à la manivelle de la roue qui se met à tourner.

Sur l'essieu ou arbre de la roue qui fait corps avec celle-ci, se trouvent deux disques dont les centres ne coïncident pas avec celui de l'arbre et que, pour cette raison, on nomme *excentriques.* Chaque excentrique porte une tige qui commande la distribution de la vapeur dans ce cylindre. On emploie l'un ou l'autre selon que l'on veut aller dans un sens ou en sens contraire. Afin de pouvoir à volonté modifier ou changer la marche, les deux tiges sont réunies entre elles par un arc métallique le long duquel peut glisser un bouton ou galet, c'est la *coulisse de Stephenson.* Le galet est fixé à la pièce qui distribue la vapeur. Le mécanicien à l'aide d'un grand levier lié à d'autres peut amener tous les points de la coulisse vis-à-vis du galet et faire ainsi commander la distribution par l'un ou l'autre excentrique.

Enfin, le véhicule se compose d'un cadre formé de quatre pièces principales, deux *longerons*, ce sont les côtés longs du cadre, deux *traverses* ce sont les deux autres. On y voit la plate-forme où se tient le mécanicien, des marche-pieds, des chasse-pierres, pièces

de fer inclinées affleurant le rail, afin de chasser les pierres s'il s'en trouve, des verse-sables, réservoirs à sable situés à la hauteur de la chaudière et d'où part un tuyau qui suit le contour de la roue et débouche à une faible distance du rail. Le sable est amené sur le rail lorsque, par diverses circonstances, la roue *patine*, c'est-à-dire tourne sans avancer. Les roues sont en fer avec essieu en fonte et jante en acier. Cette dernière est munie d'un rebord ou mentonnet qui la maintient contre le rail.

Comme la bête de somme, la locomotive doit être alimentée si l'on veut qu'elle produise de la force. Il faut du charbon pour obtenir de la vapeur, c'est une simple transformation de force. De même, les aliments donnés au cheval fournissent la force qu'on retrouve dans les muscles de l'animal. La locomotive est donc accompagnée d'un vagon, le *tender*, qui porte les provisions de charbon et d'eau. *La boîte à eau* suit le contour du tender et laisse un espace vide au milieu où est placé le charbon. L'eau est amenée du tender à la chaudière par le tuyau d'une pompe ou par un appareil spécial. Le mécanicien n'a qu'à ouvrir un robinet. Quand au charbon, il est à sa portée! sans quitter la plate-forme, il peut le prendre à la pelle et le jeter dans la boîte à feu.

L'approvisionnement d'eau est rapidement épuisé, aussi faut-il le renouveler (faire de l'eau) de temps en temps. Des réservoirs se trouvent sur la voie de distance en distance, ils communiquent avec des colonnes creuses munies d'un tuyau souple qu'on met en rapport avec la boîte à eau.

Le nombre et la grandeur des roues ne sont pas in-

différents. Les roues sont en quelque sorte les pieds de la locomotive, puisque c'est par elles qu'elle touche le sol et qu'elle peut avancer. Mais de même que nous ne pouvons marcher qu'à la condition de trouver dans le sol un frottement suffisant, ce dont nous nous apercevons facilement en marchant sur une surface polie, comme la glace par exemple, de même la locomotive ne peut avancer qu'autant que les roues trouvent sur le rail une certaine prise, une *adhérence* suffisante, autrement elles *patinent*, c'est-à-dire tournent sur place en glissant sur le rail. Le grand nombre des roues est donc une occasion d'adhérence, en augmentant leur nombre, on multiplie en effet les points de contact par lesquels la locomotive peut s'accrocher au rail pour avancer.

Mais les pieds ne serviraient que de points d'appui, ne permettraient nullement d'avancer s'ils n'étaient liés aux jambes. Il faut également que les roues soient liées directement ou indirectement au piston qui joue le rôle de jambe. On rend donc les roues solidaires entre elles et avec le piston à l'aide de bielles, on les *couple*, et le piston devient ainsi une jambe à autant de pieds que de roues couplées.

Quand à la grandeur des roues, elle influe sur la vitesse, car à chaque mouvement de va et vient du piston, la roue *motrice*, c'est-à-dire celle qui est directement liée au piston, fait un tour et avance de la longueur de son contour dont les divers points viennent successivement se mettre en contact avec le rail.

De là deux sortes de locomotives, celles destinées à traîner un faible poids avec une grande vitesse, ou à

voyageurs, les autres, au contraire, qui traînent un grand poids avec une faible vitesse ou locomotives à marchandises. Les premières ont une grande roue motrice à laquelle les autres roues plus petites ne peuvent dès lors être liées, d'où résulte une diminution dans l'adhérence. Les machines à marchandises ont, au contraire, de petites roues en très-grand nombre, égales et accouplées, et dès lors peu de vitesse et une grande adhérence.

Comme le corps humain la locomotive présente des parties symétriques dans le sens de la largeur, mais nullement dans le sens de la longueur. La tête est plus lourde que les pieds et il en résulterait, si l'on n'y prenait garde, des pressions inégales en ses divers points d'appui. De plus le mouvement oblique du piston tend à soulever la locomotive. Ces deux causes déterminent un défaut de stabilité pouvant entraîner les conséquences les plus graves. On a essayé par différents moyens de corriger ce défaut de symétrie, d'abord à l'aide des contre-poids. On peut les voir sur la jante des roues et faisant corps avec elles. Puis on a imaginé les balanciers ou leviers destinés à relier entre eux les divers ressorts et à servir d'intermédiaires entre la machine et son affût, à recevoir le poids de l'une pour le distribuer d'une manière uniforme aux divers essieux de l'autre. Chacun des points de contact des roues avec le rail est alors le siége d'une pression égale, et non-seulement la charge, mais l'adhérence se trouve ainsi répartie uniformément. Enfin on a construit des machines à quatre cylindres, deux à l'avant, deux à l'arrière, ou si l'on veut, des machines à tender-moteur.

Il ne faut pas seulement qu'une locomotive soit stable, il faut encore qu'elle soit flexible afin de s'adapter, pour ainsi dire, aux courbures de la voie. Les roues solidaires et parallèles ne conviennent pas à des courbes d'un petit rayon. Des essais divers ont été tentés, par exemple, les vagons articulés de M. Arnoux, moyen aussi ingénieux que peu pratique pour les voies de grande communication. Au lieu de présenter cette longue file de voitures en ligne droite, le convoi se déroule comme un serpent, ce que permettent les articulations à pivot qui unissent les vagons. Dans ces derniers temps, on a imaginé d'intercaler entre l'arbre des roues et l'essieu des ressorts qui permettent aux roues de s'écarter légèrement ; on combine alors ce procédé avec un mode particulier d'attelage (Stradal).

La locomotive étant un portefaix ou un cheval, il lui faut un costume en harmonie avec son état ou son travail. Pas de luxe inutile, les organes doivent avoir des formes et des dimensions convenables, ni trop délicats ni trop lourds, une bonne disposition de l'ensemble, des mouvements faciles et, comme matière, des métaux résistants et d'un éclat mesuré

V

ATOMES ET PLANÈTES

Qu'est-ce que l'espace parcouru par la locomotive à l'égard de celui que traversent les astres? Rien. Qu'est-ce que l'espace parcouru par les atomes à l'égard de celui que franchit la locomotive? Rien encore. Ainsi les mouvements des machines ou de leurs organes sont incomparablement plus grands que ceux des atomes et incomparablement plus petits que ceux des astres.

Si tout le monde sait que les corps célestes se meuvent, par contre, peu de gens connaissent les mouvements dont les atomes eux-mêmes sont animés. Nous n'étonnerons personne en disant que la terre tourne sur elle-même et se meut autour du soleil; nous inspirerons bien des doutes en disant que les atomes vibrent, qu'ils s'agitent sans cesse et

produisent alors le son, la chaleur, la lumière selon la nature de leurs vibrations.

Et cependant, en y réfléchissant on s'aperçoit que les mouvements des corps célestes ne sont pas plus apparents que ceux des atomes. Si le déplacement de la lune dans l'espace est sensible; si la marche apparente du soleil ne l'est pas moins, encore faut-il attendre un certain temps pour constater le chemin parcouru par ces astres. Faites vibrer une corde de violon, échauffer un anneau de fer et vous verrez, non pas les vibrations des atomes de la corde ou de l'anneau, mais le mouvement résultant de l'ensemble de ces vibrations. La corde exécutera des oscillations de part et d'autre de la ligne qui joint ses points fixes; les oscillations sont même si rapides que la corde paraît renflée. De même l'anneau échauffé sera devenu plus grand, il se sera dilaté, ce qui est aussi la conséquence des vibrations des atomes de l'anneau.

Pour comprendre que les atomes puissent se mouvoir, il faut se faire une idée de la constitution des corps. Ce ne sont pas, comme on peut le croire au premier abord, des masses compactes de matière, mais bien, au contraire, des agglomérations d'atomes laissant entre eux des intervalles nommés *pores*. De sorte qu'il y a dans les corps autant de vide que de plein, autant de pores que d'atomes, sinon davantage.

Comment de semblables agglomérations peuvent-elles exister? Comment ces parcelles infiniment petites de matière peuvent-elles rester unies sans se toucher, c'est là ce qui cause une légitime surprise.

Involontairement on se demande où est le fil qui unit ces perles; on ne se fait pas à l'idée d'un collier dont les perles restent liées entre elles sans l'intermédiaire d'aucun lien. — Voulez-vous que cette constitution de la matière acquière à vos yeux toute la vérité de l'évidence, agrandissez par la pensée les atomes et en même temps augmentez la grandeur des pores. Rendez les uns et les autres cent, mille, un million, un milliard de fois plus grands. Le corps que nous tenions dans la main a pris dans notre imagination des proportions énormes: les atomes sont devenus visibles, ils sont maintenant distincts les uns des autres, les pores sont apparents. Continuez à agrandir ce corps déjà considérable; les atomes sont maintenant des mondes répandus dans l'espace. Vous voilà en face d'un système planétaire : chaque atome est devenu une planète, chaque intervalle entre deux planètes comprend des millions de lieues. Mais le système tout entier n'est toujours qu'une sorte de corps immense dont les diverses parties forment un tout.

Il y a le même rapport entre la petitesse des dernières parties de la matière et les intervalles qui les séparent, qu'entre les planètes et les espaces interplanétaires. Un groupe de molécules, une portion quelconque d'un corps, peut être considérée comme un monde. Rien ne saurait donc plus nous surprendre dans la constitution des corps telle que nous venons de l'exposer, car si nous voyons les globes suspendus dans l'espace rester unis sans lien apparent, nous ne saurions nous refuser à admettre qu'il en est de même des atomes.

Les corps célestes ne sont pas immobiles; tout en restant unis, ils se meuvent les uns autour des autres; de même les molécules oscillent autour de leur position respective sans s'écarter de certaines limites. C'est la liberté contenue par la loi. Quelle hypothèse plus simple sur la constitution des corps aurait permis d'expliquer plus facilement les phénomènes divers dont les corps sont le siége! Un corps se dilate-t-il par l'effet de la chaleur? ce sont les atomes qui s'éloignent les uns des autres ou, si l'on aime mieux, les pores qui s'agrandissent. Ils s'écartent en oscillant, en vibrant, en décrivant des sortes de spirales dont le point de départ est leur position primitive.

Une corde, une cloche résonne-t-elle? ce sont les atomes qui s'agitent en cadence. Ils vont et viennent plus ou moins rapidement, selon que le son produit est plus ou moins aigu; ils s'écartent plus ou moins de leur position normale selon que le son est plus ou moins intense.

Ainsi entre les atomes imperceptibles qui se meuvent dans des espaces infiniment petits, et les mondes qui roulent dans l'espace, il n'y a pas de différence. Le mode de mouvement seul peut différer.

Quels sont les mouvements des corps célestes?

Chacun d'eux tourne sur lui-même, mais la durée de la rotation varie et aussi la vitesse de leurs différents points. Par exemple : le soleil tourne sur lui-même en vingt-cinq jours environ; la terre en un jour; la lune en vingt-sept jours et demi. — La vitesse d'un point de la surface situé à l'équateur est

pour le soleil, de 2 kilomètres par seconde, pour la terre, de 1/2 kilomètre, pour la lune, de 5 mètres.

Outre cette rotation sur eux-mêmes, ils tournent autour de l'un d'entre eux; par exemple, les satellites ou lunes de Jupiter autour de Jupiter; la lune autour de la terre; la terre et Jupiter autour du soleil; le soleil lui-même autour d'un astre encore inconnu. Ces corps ne décrivent pas des circonférences, mais des courbes nommées ellipses. Il est vrai que ces ellipses-là diffèrent fort peu de la circonférence. L'astre autour duquel s'effectue la révolution n'est pas au centre de la courbe, mais en un des points nommés foyers qui, dans ce cas, sont très-près du centre.

La longueur des courbes décrites varie, tout naturellement, avec la distance de l'astre secondaire qui effectue la révolution à l'astre principal autour duquel elle s'effectue. La vitesse varie également. Ainsi Jupiter parcourt en douze ans une ellipse de 1,200,000,000 de lieues.

La terre emploie un an à parcourir 230,000,000 de lieues.

La lune met 27 jours 1/2 à faire sa révolution autour de la terre.

Outre ces mouvements généraux, les corps célestes exercent les uns sur les autres des actions mutuelles d'où résultent des mouvements secondaires comme le balancement de l'axe de la terre et son déplacement continu analogue à celui que décrit une toupie qui achève son mouvement.

Les actions mutuelles des corps célestes sont d'autant-plus énergiques que les corps sont plus gros et

plus rapprochés. Elles varient avec la *masse* des corps et la *distance* qui les sépare.

Tous ces astres tournent non pas perpendiculairement à leurs planchers célestes, mais obliquement, à la façon des tonneaux que l'on fait pirouetter, en les inclinant, sur le bord de leur fond, pour que le frottement soit moins grand et la rotation plus facile. D'ailleurs, chaque planète, chaque satellite a son plan spécial; mais, sauf ceux des comètes, les autres plans sont peu distincts les uns des autres.

Imaginons pour un instant que la terre décrit une circonférence et non une ellipse autour du soleil placé au centre, que son axe est perpendiculaire au plan de révolution au lieu d'être incliné, que la lune disparaisse et avec elle son action sur le globe et sur les mers, et aussitôt l'uniformité succède à la variété infinie. Plus de changement de température et partant plus de saisons; plus de vents et plus de marées, c'est le printemps éternel et affadissant des poètes.

Si l'on observe que les planètes les plus éloignées du soleil ne sont pas à des distances comparables à celles qui nous séparent de l'étoile la plus rapprochée de nous, on est naturellement porté à regarder notre système comme un archipel de planètes dans la grande mer cosmique.

Si l'on observe encore la similitude d'aspect et de manière d'être qu'ils présentent, on arrive à penser que les nombreux îlots de cet archipel n'ont dû constituer à l'origine qu'une île unique.

Forme, mouvements, vitesses, etc., tout fait pré-

voir entre ces divers corps célestes une parenté, une communauté d'origine, un même mode d'existence. Tout le système à son tour est engagé dans un mouvement qui présente de plus grandes proportions : le soleil tournant sur lui-même et autour d'un centre inconnu et plus puissant, entraîne son cortége dans sa course rapide. Ce ne sont que gravitations successives des satellites à la planète, de celle-ci au soleil, du soleil à un monde caché à nos yeux. Autour des satellites circulent sans doute d'autres corps plus petits et, partant, invisibles. Ces satellites ou planètes de troisième ordre ont aussi leurs cortéges obscurs qui, à certains moments seulement, comme de gigantesques fusées, illuminent le ciel de leurs traînées brillantes.

Ainsi le mouvement commence à l'atome, et depuis l'atome jusqu'au soleil, tous le partagent. Où il s'arrête, nul ne le sait. Mais s'arrête-t-il?

COSMOGRAPHIE



L'ÉTOILE FILANTE

Il vous souvient d'avoir vu pendant les nuits d'été de longues fusées illuminer le ciel un instant, puis disparaître. Vous vous êtes dit : C'est une étoile filante, et le Poète dit avec vous :

> Encore une étoile qui file,
> Qui file, file et disparaît !

Partout le peuple voit dans ce brillant météore une étoile dont l'existence est liée à la vie des hommes. Les Lithuaniens disent : Lorsqu'un enfant vient au monde, Werpeja file pour lui le fil de la destinée ; chacun de ces fils se termine par une étoile ; à l'instant de la mort, le fil se rompt, l'étoile tombe, pâlit et s'éteint.

Mais est-ce bien une étoile ?

Interrogeons la science et jetons un coup d'œil sur le monde. Si nous y perdons de touchantes légendes qui plaisent à notre imagination, nous y gagnerons la vérité sur un phénomène naturel et quelques notions sur le plus grand et le plus merveilleux de tous, la création.

Si vous regardez le ciel pendant le jour, vous y voyez le soleil qui nous éclaire ; la nuit, les myriades de points lumineux qui sont les étoiles. — Eh bien! étoiles et soleil, c'est la même chose. Les étoiles sont des soleils très-éloignés, différant de notre propre soleil par la grosseur et la couleur.

N'avez-vous pas remarqué d'autres corps célestes qui ressemblent aux étoiles, mais qui s'en distinguent par une lumière plus douce et sans scintillation? Ce sont les planètes. Les planètes sont des soleils éteints comme la terre que nous habitons, comme la lune, notre satellite. Il y en a de grosseurs diverses, et, par exemple, la lune est cinquante fois plus petite que la terre, qui est elle-même quatorze cents fois plus petite que Jupiter. Et ne croyez pas que la lune soit la plus petite, il y en a de si petites que nous ne les voyons pas, bien qu'elles soient tout près de nous.

Au commencement, l'espace était plein de matière enflammée et tourbillonnante. Par le refroidissement, cette matière s'est rassemblée peu à peu en différents centres ou noyaux qui sont les soleils.

Le tourbillonnement a détaché des fragments de matière solaire, comme il arriverait d'un essaim d'abeilles qui tournerait sur lui-même et dont cer-

taines abeilles se détacheraient chassées par la rotation.

Ces fragments ont tourné sur eux-mêmes tout en continuant de tourner autour du noyau central, et ils continuent encore leur mouvement. Pendant quelque temps, ils ont été soleils, mais cela n'a pas duré, ils se sont refroidis et sont devenus des terres ou des planètes.

— Voilà une belle théorie; mais tout cela est-il bien vrai?

— Assurément, je ne pourrais vous faire assister à une seconde création de notre monde; mais si vous mettez votre œil à la lunette et examinez avec moi certaines *nébuleuses;* je puis vous faire voir des mondes en formation.

— Qu'appelez-vous nébuleuses ?

— Ce sont précisément des amas de matières enflammées comme celle qui a constitué notre monde. Cela a l'air d'un nuage, et vous en pouvez voir un grand nombre. — Tenez, en voici une sans noyau; une autre où le noyau commence à se former, une troisième où le noyau est plus accentué, une où il y a deux noyaux. A mesure que le noyau devient plus compacte, l'enveloppe nuageuse diminue, enfin tout se réduit au noyau seul, c'est un soleil.

Vous comprenez que toute la matière primitive n'est pas renfermée dans le soleil et les planètes, il en est resté dans l'espace et en assez grande quantité. Ainsi, après l'achèvement d'une construction, il reste des débris de matériaux et de la poussière dans le chantier.

Il y a donc disséminées autour de nous des planètes de toutes les grosseurs, depuis les dimensions du poing ou de la tête, jusqu'à la grosseur d'une maison et d'une montagne. Tous ces corps célestes tournent les uns autour de nous sans que nous les voyions habituellement, parce qu'ils sont trop petits.

— Mais, puisqu'on ne les voit pas, comment en soupçonne-t-on l'existence ?

— A certains moments, ils deviennent visibles, nous les nommons alors étoiles filantes. Supposez, en effet, qu'ils viennent à traverser notre atmosphère avec une rapidité très-grande, le frottement contre l'air sera très-grand aussi ; or, que produit le frottement de deux corps?

— Il produit de la chaleur.

— De la chaleur, et souvent aussi de la lumière.

— Je conçois bien que le frottement de deux corps solides dégage de la chaleur; on m'a souvent parlé du moyen qu'emploient les sauvages pour faire du feu; mais je m'explique moins facilement qu'un corps solide en frottant contre l'air puisse produire le même effet.

— Et pourquoi cela ?

— Parce que l'air ne me paraît pas renfermer assez de matière; il est subtil, si léger...

— Sans doute, mais la vitesse de la planète est si grande, qu'elle supplée au défaut de la masse de l'air.

Vous n'avez pas d'idée d'un pareil frottement et de la chaleur qui en résulte. Songez que ces corps se meuvent avec une vitesse de plusieurs lieues par seconde, c'est cinq ou six cents fois plus rapide

qu'un train-poste, et leur température dépasse de beaucoup celle du feu le plus violent de nos fours à porcelaine.

Ainsi, des étoiles filantes plongent par milliers dans notre atmosphère où elles s'embrasent et se consument plus ou moins.

Si la petite planète est néanmoins trop grosse pour se consumer dans l'air, avant d'arriver jusqu'à nous, ce n'est plus simplement un point brillant ou une traînée lumineuse, c'est un véritable globe enflammé qui, généralement, éclate en un grand nombre de fragments; c'est bien encore une étoile filante, mais, dans ce cas, on l'appelle *bolide* d'un mot qui veut dire *lancer*.

On lui donne encore le nom de *pierre de feu* ou *météore igné*.

Tous ces météores, qui d'abord avaient paru distincts, auxquels on avait donné différents noms, ont tous la même origine; c'est de la poussière de monde, de la poussière à gros grains que la terre ramasse tous les jours en passant et en l'attirant à elle.

En résumé, si le météore reste dans les hauteurs de l'atmosphère et s'y consume, c'est une étoile filante; s'il est plus près, c'est un bolide qui éclate ou non. — Enfin, s'il tombe à la surface de la terre, c'est un aérolithe ou pierre tombée du ciel.

Il fut un temps où on niait les chutes de pierres; ce temps n'est pas loin de nous. Et cependant de nombreux faits de cette nature étaient attestés par les récits des historiens.

On citait la pierre qui tomba à Ægos-Potamos, le

jour de la naissance de Socrate (470 ans avant J.-C.). Elle était le double d'une meule de moulin, et son poids formait la charge d'une voiture. Celle-là ne s'était point fondue ni volatilisée en route ; elle était bel et bien tombée en masse. On citait encore ces énormes masses de fer qu'on trouve en divers lieux déposées sur des terrains avec lesquels elles n'ont aucun rapport géologique. En les découvrant, on se demandait comment elles se trouvaient là. Aujourd'hui tout s'explique. On ne doute plus que la masse de fer, pesant 700 kilogrammes, découverte par Pallas à Jenisseik (Sibérie), en 1771, et que les Tartares regardaient, à juste titre, comme un présent du ciel ; — que celle d'Olumpa, dans le Tucuman, qui ne pèse pas moins de 14,000 kilogrammes ; — que celle de Durango (Mexique), dont le poids est de 19,000 kilogrammes ; — qu'une autre sur les bords du Sénégal, qui dépasse ce chiffre déjà énorme, ne soient des pierres tombées du ciel.

Il y eut, à la fin du XVIIIe siècle, plusieurs chutes d'aérolithes plus régulièrement constatées que les précédentes. Une à Sienne (Toscane), le 16 juin 1794 ; une autre dans le comté d'York, le 13 décembre 1795 ; une troisième à Bénarès, le 17 novembre 1798.

En 1803, une pluie de pierres fut l'occasion d'une véritable enquête scientifique.

Le 26 avril, un bolide avait été observé à Laigle (département de l'Orne). Le ministre de l'intérieur chargea Biot de se rendre sur les lieux et d'étudier les diverses circonstances du phénomène. Muni de renseignements fournis par Haüy, Montbret, Four-

croy, Cuvier, Biot s'achemina d'abord à Alençon, à quinze lieues de Laigle. Il s'approcha successivement du lieu de l'explosion, et à mesure qu'il s'avançait, ramassant les pierres et recueillant les témoignages, les renseignements devenaient plus précis, plus complets.

Au hameau du Mesle, un laboureur, nommé Gibon, lui fit le récit suivant :

« Nous avons vu, me dit ce vieillard, tomber des pierres d'en haut. Moi, qui ne suis pas peureux et qui étais fatigué, je ne me suis pas dérangé pour les aller chercher, mais mes enfants y coururent et les rapportèrent. Une d'elles tomba près de la mare et fit peur à une poule qui se trouvait là; une autre tomba sur le faîte de la maison et roula jusqu'à terre : nous crûmes que c'était notre cheminée qui tombait.

« Un nommé Piche, au village des Aunées, travaillait en plein air lors de l'explosion, avec plusieurs autres ouvriers : une pierre rasa le long de son bras et tomba à ses pieds ; il voulut la ramasser, mais elle était brûlante et il la laissa retomber tout effrayé. »

Voici la conclusion du rapport de Biot : « Le mardi, 6 floréal an XI (26 avril 1803), vers une heure après-midi, le temps étant serein, on aperçut de Caen, de Pont-Audemer, etc., un globe enflammé, d'un éclat très-brillant, et qui se mouvait dans l'atmosphère avec beaucoup de rapidité.

« Quelques instants après, on entendit à Laigle et autour de cette ville, dans un arrondissement de

plus de trente lieues de rayon, une explosion violente qui dura cinq ou six minutes.

« Ce furent d'abord trois ou quatre coups semblables à des coups de canon, suivis d'une espèce de décharge qui ressemblait à une fusillade, après quoi on entendit comme un épouvantable roulement de tambours. Ce bruit partait d'un petit nuage... Dans tout le canton sur lequel ce nuage planait, on entendit des sifflements semblables à ceux d'une pierre lancée par une fronde, et l'on vit en même temps tomber une multitude de pierres météoriques.

« LA PLUS GROSSE PESAIT 8 KIL. 5. *Leur nombre peut être évalué à deux ou* TROIS MILLE.

« Le citoyen Thénard, ajoute Biot, a analysé quelques échantillons et a trouvé particulièrement du sable, de l'oxyde de fer et de la magnésie, du nickel et du soufre. »

Tout récemment, un météore apparu à Nohic, et auquel les témoins n'ont pas manqué, a donné lieu à une nouvelle enquête plus complète encore.

Le 14 mai 1864, vers huit heures du soir, le ciel était pur, la lune, dans son premier quartier, répandait une lumière fort douce qui n'éclipsait point l'humide clarté des étoiles. C'était une de ces silencieuses et tièdes soirées de mai ignorées dans les régions septentrionales. Quelques laboureurs attardés rentraient au logis, la campagne était muette. Tout à coup, un globe lumineux traversa rapidement le ciel; sa lumière, d'abord d'un bleu verdâtre, augmenta progressivement d'éclat et devint de la blan-

cheur d'un éclair. Le météore parut enveloppé d'un nuage lumineux et laissa derrière lui une traînée de lumière qui s'évanouit bientôt après. Le globe éclata ensuite en plusieurs fragments brillants comme un bouquet de feu d'artifice.

A Agen, quelques minutes après, on entendait comme un grondement de tonnerre lointain qui dura une demi-minute environ.

A Saint-Clars (Gers), la lumière fut si éclatante que la ville sembla incendiée. Deux minutes après, une détonation semblable à un coup de canon se fit entendre et dura plus d'une minute.

M. Bergé, curé au village de la Magdelaine, écrivait à M. le maréchal Vaillant :

« Le bolide a jeté une lumière si vive que nous nous sommes tous vus entourés de feu, et nous avons cru, dans notre surprise, à quelque cataclysme. D'abord globe de feu gros comme le disque de la lune, et silencieux comme elle, il s'est ensuite ouvert en gerbes de fusées répandant des milliers d'étincelles et marchant toujours. Puis il a disparu laissant un nuage de fumée qui a demeuré longtemps suspendu dans les airs, à la même place. Il ne faisait point de vent.

« Après sa chute, et pendant cinq ou six minutes, on a entendu un grand bruit, pareil à de fortes détonations d'artillerie lointaines, répétées et prolongées. On a cru généralement, dans le premier moment, à un tremblement de terre. Aussi tout le monde était-il dans la stupeur et la consternation. »

Un témoin plus rapproché du lieu de l'événement,

madame la marquise de Puylaroque, écrit de Nohic :

« Au moment où dut avoir lieu la chute des météorites, je me vis tout entourée de feu, l'habitation semblait au milieu d'une fournaise. C'était absolument une bombe qui éclate et jette çà et là des étincelles. Une barre de feu parfaitement droite, qui dura deux minutes, se forma à la suite de cette bombe grosse comme la tête, qui devint sombre et abandonnait des flocons nuageux qui se roulaient les uns avec les autres.

« Cela descendit insensiblement vers l'horizon, et environ quatre minutes après, on entendit un roulement qui ressemblait à celui d'armes à feu qui se répondent sans cesse et qui dura de deux à trois minutes. Plusieurs pierres noirâtres sont tombées, quelques-unes de la grosseur d'un œuf ; une assez grosse sur la limite de la commune et qui laissa sur la route sa trace formant comme un gros nid d'oiseau. La plus belle est tombée sur la propriété que nous habitons ; elle pèse 2 kilogrammes. »

Enfin, M. Bagel, de Montauban, a vu les éclats projetés dans tous les sens, et le bolide, presque éteint, ayant repris une teinte rougeâtre, continuer sa route et rester visible sur une assez grande étendue de son parcours.

« Ainsi, dit M. Daubrée, de l'Institut, le savant géologue, comme d'ordinaire, le corps qui avait manifesté son arrivée par une lumière et par un bruit si imposants, n'a laissé tomber sur notre globe que des éclats d'un volume insignifiant, *quelques décimètres* de diamètre. »

Le météore n'a fait que traverser l'atmosphère, la chaleur dégagée par le frottement l'a fait fondre en partie, puis éclater, et les éclats projetés tout autour sont seuls tombés sur la terre, tandis qu'il continuait sa marche dans l'espace.

Les étoiles filantes se montrent à toutes les époques de l'année. Il n'est pas de nuit sans étoile filante, mais il est des nuits où elles apparaissent par milliers, comme des nuées de sauterelles, disent les écrivains arabes. C'est aux environs du 10 août et du 14 novembre. L'idée d'un retour périodique des pluies d'étoiles date de la célèbre apparition du 12 novembre 1833 observée en Amérique par Palmer et Olmsted et pendant laquelle ces deux astronomes comptèrent en un seul endroit et pour neuf heures d'observation, 240000 étoiles filantes. Une autre apparition non moins remarquable avait été faite par Humboldt en 1799. Entre ces deux époques les manifestations annuelles étaient loin d'être aussi éclatantes. Ce fait frappa Olbers qui annonça qu'une période de 34 ans ou plus exactement 33 ans un quart devait séparer les grandes apparitions et que la prochaine aurait lieu en 1867.

M. Newton, de New-Haven, a confirmé les prévisions d'Olbers. Il a recueilli tous les renseignements relatifs aux étoiles filantes, a dressé le catalogue de toutes les brillantes apparitions depuis 902 jusqu'à nos jours. Il a pu ainsi reconnaître que la période est bien de 33 ans environ en ce qui concerne le phénomène de novembre seulement, lequel est tout à fait distinct de celui d'août.

Il y a donc chaque année, en novembre, des apparitions ordinaires et tous les trente-trois ans des apparitions extraordinaires. L'année actuelle se trouve être une année de brillante apparition. D'ailleurs aux approches de la trente-troisième année, le phénomène acquiert plus d'éclat et l'abondance des étoiles va en croissant jusqu'à la fin de la période. Elle décroît ensuite.

On supposait qu'il existe un anneau formé de toutes ces petites planètes, groupées comme les perles d'un collier à plusieurs rangs. La Terre, venant chaque année à passer près d'un point de l'anneau, appellerait à elle un certain nombre de ces corps, et plus puissante que la force qui les unit entre eux et, avec un autre corps, parviendrait à en faire tomber quelques-uns. Elle opèrerait ainsi une sorte de nettoyage de l'espace, et donnerait, à chaque tour, un léger coup de plumeau qui enlèverait cette poussière cosmique.

Cette explication, bien que vraie en partie, ne suffit plus du moment que le phénomène est doublement périodique. Ce ne sont plus des anneaux, mais des groupes ou essaims de forme allongée qui existent en grand nombre dans des directions diverses. Celui de novembre serait venu dans nos parages depuis que notre système est achevé. C'est l'opinion de M. Le Verrier et elle est fondée sur ce fait que le mouvement de l'essaim est en sens inverse de celui des planètes.

Tous les corps de notre système planétaire tournent, en effet, autour du soleil d'Occident en Orient; ils tournent sur eux-mêmes, et leurs satellites tour-

nent autour d'eux dans le même sens. Comment un corps appartenant au même ordre de formation aurait-il pu marcher en sens inverse de tous les autres, surtout quand il n'a qu'une masse si faible ? Il est assez naturel de penser que si ces corps font partie de notre système, ils doivent en avoir les mouvements généraux, et que, sollicités par telle ou telle planète, ils en partageraient le mouvement comme satellites ou se précipiteraient sur elles comme il arrive de ceux qui tombent sur la terre.

Ce serait vers l'an 126 que la planète Uranus et l'essaim auraient été assez près l'un de l'autre pour que la planète l'eût pour ainsi dire accroché au passage et jeté au sein de notre système. Le groupe était alors plus ramassé et affectait la forme d'une sphère d'un diamètre qui pouvait être le tiers de celui d'Uranus (à peu près une fois et demie celui de la terre).

Ce groupe de planètes minuscules décrit sans doute une courbe autour d'une des planètes éloignées de notre système et emploie trente-trois ans un quart à la parcourir. Animé d'une très-grande vitesse, il traverse sans déviation la partie de l'espace où se trouvent la terre, la lune et les planètes inférieures.

Mais à chaque révolution les vitesses diverses dont sont animés les corps qui le constituent, font qu'ils s'éparpillent, le long de la route qu'ils parcourent comme une troupe en désordre où le nombre des traînards augmenterait constamment. De la sorte, pour peu que le phénomène fût ancien, il se serait formé un véritable anneau. Ce qui aura lieu

dans l'avenir, et ce qui a déjà lieu pour les étoiles filantes du 10 août.

Ce dernier phénomène a sans doute une origine semblable, mais plus ancienne. Seulement, comme il est annuel, cela tient à ce que l'anneau est déjà formé.

Ainsi se trouve levée l'objection faite à l'immortelle conception de Laplace, qui reste toujours la plus saisissante explication de la formation de notre système planétaire.

Tandis que les astronomes étudient la marche des étoiles filantes pour en connaître la direction, la vitesse et les divers incidents, M. Daubrée analyse les pierres tombées du ciel afin de déduire de leur constitution chimique les liens de parenté qui les unissent entre elles et avec notre globe. Chose très-remarquable, les roches granitiques qui forment une si grande part de la croûte terrestre ne se trouvent pas dans les météorites, au moins dans les fragments examinés jusqu'ici. Serait-ce que les corps d'où proviennent ces fragments manqueraient de ces roches? Il est plus probable que nous avons là des échantillons provenant de certaines parties des corps planétaires, parties où ne se trouvent pas des roches granitiques. Ou encore ces roches, qu'on suppose l'œuvre du feu à l'origine de la formation de la planète, seraient-elles dues comme les terrains stratifiés à l'action des eaux.

Quoi qu'il en soit, la minéralogie devient ici de la *planétologie*, tant il est vrai qu'il n'est pas de petites questions pour un esprit philosophique. La chimie

ne s'arrête pas pour lui aux étroites limites du creuset ; il a reçu de l'espace la pierre qu'il analyse et, par cette voie nouvelle, il arrive à découvrir les secrets de l'origine des mondes.

II

LE SOLEIL

Vous avez vu le soleil, vous avez jeté un regard rapide sur cet astre, car son éclat eût blessé vos yeux si vous eussiez essayé de le fixer. Comment supposer que tant de lumière, et d'une lumière si pure et si blanche, ait pu venir d'un soleil taché, irrégulier, défectueux. Ne vous laissez pas éblouir par ses rayons; mettez l'œil à la lunette, vous verrez, répandues sur la surface de l'astre, des *taches*, des *facules* et des *lucules*.

Les *taches* sont des portions plus ou moins étendues de la surface du soleil, d'une couleur sombre. On y distingue le plus souvent un milieu ou noyau noir et des bords gris, Elles affectent les formes les plus bizarres, les plus irrégulières. Leurs dimensions sont variables et quelquefois énormes. On en a vu qui n'avaient pas moins de quinze à vingt mille lieues de largeur. Elles sont plus ou moins nombreuses : cer-

tains astronomes en ont compté jusqu'à cinquante, et toujours dans les environs de l'équateur solaire.

On voit les taches se déplacer régulièrement, paraître vers l'un des bords du disque solaire, s'avancer progressivement vers l'autre bord, puis disparaître ; pendant les jours suivants, rester invisibles et reparàître au point de départ au bout d'un temps égal à celui qu'elles avaient mis à traverser le disque; quelquefois elles recommencent leur mouvement une seconde fois.

On a tout naturellement supposé que ce n'est pas la tache qui se meut, mais bien le soleil. L'observation a permis d'établir que le soleil tourne sur lui-même en vingt-cinq jours environ.

Les taches se meuvent tantôt en ligne droite, tantôt en ligne courbe, concave ou convexe. Voulez-vous vous rendre facilement compte de cette diversité de marche? Prenez un fruit rond, passez une aiguille au travers, et faites-le tourner autour de l'aiguille, comme un poulet autour de la broche. Suivant que l'aiguille sera verticale ou inclinée, un point marqué sur le fruit paraîtra, pendant la rotation, s'avancer en ligne droite ou en ligne courbe. Nous voyons par là que l'axe du soleil est incliné, par rapport au plancher sur lequel tourne la terre.

Lorsqu'on suit une tache dans son mouvement, on la voit non-seulement se déformer, comme il arrive pour une figure qui se présente sous des inclinaisons variées, mais les aspects divers de la tache montrent que celle-ci est une excavation. Dans cette supposition, la partie noire est le fond du trou, la partie grise forme les parois.

Prenez une pêche, creusez la chair du fruit de manière à faire une sorte d'entonnoir, pénétrez jusqu'au noyau et découvrez-en une partie. Regardez maintenant le fruit en vous plaçant en face du trou vous voyez le noyau, c'est-à-dire le fond sombre, et les parois inclinées moins foncées. Faites ensuite tourner le fruit sur lui-même, et vous verrez le fond et les parois diminuer de largeur; puis le fond disparaître avant les parois; et, enfin, les parois disparaître à leur tour par l'effet de la rotation. Or, c'est ainsi que les choses se passent pour les taches solaires.

Il n'y a donc pas à en douter, les taches sont des excavations de l'enveloppe du soleil qui permettent d'apercevoir le noyau sombre de l'astre.

Les taches ont une durée limitée qui ne dépasse pas deux mois. On les voit diminuer tantôt lentement, tantôt rapidement, jusqu'à ce qu'elles s'effacent complétement Leur forme s'altère aussi bien que leur grandeur. De nouvelles taches se forment pendant que les anciennes disparaissent. Telle s'évanouit pendant qu'on la regarde; telle autre, pendant qu'elle achève la seconde partie de son parcours; d'autres, enfin, font un tour complet ou deux tours.

On dirait qu'il se produit à la surface du soleil une sorte de bouillonnement, d'effervescence, et cela prouve que cette surface est fluide. Bien plus, M. Laugier a observé que toutes les taches n'accomplissent pas leurs mouvements dans des temps égaux, ce qui n'aurait évidemment pas lieu si l'enveloppe était solide.

Enfin, M. Carrington, l'astronome de Kew (An-

gleterre), qui, depuis plusieurs années, observe les taches solaires, les dessine, les photographie, les étudie dans leurs mouvements et leurs déformations, a constaté qu'elles se meuvent avec des vitesses variables, d'autant plus grandes qu'elles sont plus éloignées de l'équateur du soleil.

Les *facules* sont en quelque sorte le contraire des taches ; ce sont des parties plus brillantes que l'espace environnant ; enfin, les *lucules* sont des rides lumineuses qui couvrent toute la surface du soleil. Les facules et les lucules rappellent les vagues de la mer, qui, frangées d'écume sur leur crête, tantôt viennent mourir sur la plage en rangs pressés et lumineux, tantôt se heurtent en tumulte dans la pleine mer.

Tout ce qu'on voit sur le soleil, confirme dans cette pensée qu'un océan fluide en forme la surface, que cet océan solaire est entraîné par la rotation de l'astre, et qu'il est en même temps agité par les plus violentes tempêtes. Il s'y produit sans doute des mouvements analogues à ceux de nos vents alizés. Quant au noyau de l'astre, il paraît noir et ne l'est probablement que par contraste avec l'enveloppe beaucoup plus lumineuse.

Si l'on considère que la surface de la terre est encore agitée par un feu intérieur, que quelques volcans projettent encore des poussières et des matières incandescentes, qu'un grand nombre d'autres volcans, aujourd'hui éteints, ont été autrefois en pleine activité ; en remontant de proche en proche aux premiers âges de la terre, on voit par la pensée le nombre des bouches enflammées augmenter jusqu'au

point de couvrir toute la surface. C'est alors une masse en fusion, bouillante, enveloppée de flammes, de nuages, de fumées, de vapeurs diverses. C'est le Soleil.

On se demande comment un si beau feu peut être entretenu ; comment, après tant de siècles, l'éclat du soleil ne s'amoindrit pas. On est plus surpris encore, lorsqu'on songe que la Terre ne reçoit que la 2,300,000^{me} partie de ce que cet astre répand autour de lui, et cependant cette faible partie est la cause de tous les phénomènes terrestres. La quantité annuelle de chaleur répandue par le soleil équivaut à celle que produirait une couche de houille de 27 *kilomètres* d'épaisseur. Nous ne saurions, malgré les points de comparaison que nous avons autour de nous, malgré les foyers ardents de nos fourneaux à porcelaine, nous faire à l'idée d'une semblable combustion constamment entretenue. Si le soleil était un bloc de houille, ce serait fait de lui au bout de cinq mille ans.

On le voit, les températures les plus élevées ne sont pas comparables à la chaleur solaire. A cette température, les corps les plus réfractaires se trouvent non-seulement en fusion, mais en vapeur et cette vapeur elle-même est à une température bien au-dessus de celle de sa formation.

Observez la grosseur de cet immense corps : il est de 1,400,000 plus gros que la terre ; voyez maintenant la distance qui nous sépare de lui : elle est de 38,000,000 de lieues. Eh bien, tout est en harmonie : grosseur, distance et température.

Voici maintenant la supposition la plus accep-

table pour expliquer la permanence de la chaleur solaire, elle est de M. Faye (de l'Institut), et elle exige, pour être comprise et appréciée, deux mots d'explication.

On sait que si l'on chauffe un corps solide, il fond. Si on continue à le chauffer lorsqu'il est fondu, il se réduit en vapeur. Enfin, si l'on chauffe de plus en plus la vapeur de ce corps, elle devient de plus en plus légère, ses molécules s'éloignent les unes des autres et finissent pas se séparer, se *dissocier*. C'est sans doute là l'état primitif de la matière cosmique; tous les mondes ont dû passer par cette période de dissociation avant d'arriver à l'état de soleil.

Si le corps chauffé est un corps composé, à une certaine température il se décompose, ses éléments se séparent, l'association ou la combinaison se dissout. C'est ce qui arrive pour l'eau dont la vapeur, portée à une température élevée, se décompose en oxygène et hydrogène.

Ainsi, une certaine température est nécessaire pour opérer la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène; une autre température, plus élevée que celle de la combinaison, détermine la séparation, la dissociation des éléments rapprochés.

Une combinaison peut donc s'opérer à l'aide d'une élévation ou d'un abaissement de température; une élévation, si les corps sont à une température inférieure, un abaissement s'ils sont à une température supérieure à celle qui correspond à la combinaison. C'est ce dernier cas qui se présente à l'état cosmique.

Le soleil est probablement, dit M. Faye, environné d'une masse de gaz à la température la plus élevée, celle de la dissociation. Cette masse se refroidit et sa température s'abaissant, il arrive un moment où les combinaisons s'effectuent entre les divers éléments qui constituent ce gaz; des nuées de poussières se forment et tombent sur le noyau solaire. C'est en tombant et traversant l'enveloppe gazeuse qu'elles rendent celle-ci lumineuse. Le gaz seul peut être porté à une température très-élevée, il n'est jamais lumineux; il le devient seulement par l'interposition d'un corps solide.

Quand les nuées lumineuses se séparent, nos regards pénètrent dans la masse interne de gaz qui est relativement obscure, nous voyons alors des *taches*. Quand, au contraires, elles s'accumulent, nous voyons des rides brillantes, des *facules*.

Telle est, en quelques mots, la théorie de M. Faye; elle nous permet d'expliquer les phénomènes solaires connus jusqu'à présent.

III

LES ORACLES DE LA SCIENCE

I. — Le retour des Comètes.

Quels singuliers corps que les *comètes*, et comme le nom de *planètes* (astres errants) leur eût bien mieux convenu qu'aux planètes proprement dites ! Elles nous viennent de fort loin et restent invisibles tant qu'elles ne sont pas à la portée de nos lunettes, Une fois dans nos parages, on les voit, même sans lunette, pendant quelque temps, puis elles s'éloignent et finissent par disparaître.

Comment, dans des temps d'ignorance, les hommes n'auraient-ils pas été frappés par de semblables apparitions ? Comment, avec leur besoin de merveilleux qu'on veut étouffer en vain, n'auraient-ils

pas attribué à ces corps célestes des influences bienfaisantes ou malfaisantes ?

Lors de la mort de Jules César, une comète parut, et les Romains ne doutèrent pas que ce ne fût l'âme de leur illustre chef.

En 1402, on aperçoit une fort belle comète, si brillante qu'on la voyait en plein jour ; un petit peuple d'Italie s'imagine qu'elle prédit la mort de son prince, et celui-ci a une telle peur, qu'il en meurt et donne raison à la prédiction.

En 1456, Amurat vient de prendre Constantinople, la chrétienté est en péril, pendant qu'une immense comète se montre. La terreur est à son comble, et le pape Calixte II, qui a plus de foi que de science, ordonne des prières publiques et excommunie les Turcs.

De notre temps, en 1811, on s'est borné à attribuer aux comètes une influence sur le vin.

Mais finissons-en avec ces citations de honteuses superstitions. Il vaut mieux causer de choses sérieuses.

Bien que la dénomination de *comète* indique un astre *chevelu*, ces corps célestes présentent la plus grande variété d'aspect, et la chevelure à laquelle ils doivent leur nom, n'existe pas toujours. Lorsque la comète présente tous ses éléments, elle se compose d'un *noyau* brillant, semblable à une étoile ou plutôt à une planète, entouré, d'une sorte de nuage lumineux, la *chevelure*. L'ensemble du noyau et de la chevelure constitue la *tête*. Enfin, la chevelure se prolonge et forme la *queue* de la comète.

Mais toutes les comètes n'ont pas toujours réunis la queue, la chevelure et le noyau.

On en a vu à plusieurs queues, comme le serpent de la fable, et d'autres sans queue. J'ai dit que certaines n'avaient pas de chevelure. Enfin, elles se réduisent quelquefois au simple noyau ou à la chevelure seule.

Naturellement, celles que l'on voit le mieux sont les comètes à queue, et voilà pourquoi on croit généralement qu'elles ont toujours cet appendice.

— D'où viennent les comètes, comment peut-on en prédire le retour?

— Elles tournent autour du soleil comme les planètes, comme la terre elle-même, comme la lune tourne autour de la terre; mais au lieu de décrire, comme les planètes, une ellipse qui diffère très-peu d'un rond, elles décrivent des ellipses très-différentes du cercle. Figurez-vous un cerceau élastique qu'on allongerait dans un sens, en le prenant en deux points opposés, pendant qu'il se rétrécirait dans l'autre.

Le soleil n'est pas au milieu de cette courbe, mais tout près d'une des extrémités ; de sorte que, à un moment donné, la comète est près du soleil ; c'est alors qu'on la voit de plus en plus brillante, puis elle continue sa marche et s'éloigne en diminuant d'éclat.

Il existe encore une différence entre la marche des comètes et celle des planètes. Celles-ci décrivent autour du soleil, leur centre commun, des ronds plus ou moins grands, suivant qu'elles en sont plus ou

moins près, et en marchant dans le même sens comme des valseurs qui, dans une salle de bal, tourneraient autour du milieu, à des distances variables. Mais elles tournent à peu près sur le même plancher, pour ainsi parler, tandis que les comètes tournent sur un tout autre plancher, et s'en vont de la cave au grenier, traversant tous les étages pendant que les autres restent dans le même appartement.

Enfin, certaines comètes vont dans un sens, d'autres en sens contraire.

Vous comprendrez facilement qu'un corps qui traverse l'espace et passe dans le voisinage de bien des planètes, subit de la part de ces dernières des influences très-diverses et qui modifient sa marche.

La comète est une sorte de flâneur qui cause à droite et à gauche sur sa route, et par conséquent fait des stations plus ou moins prolongées. Chaque planète l'attire et la retient d'autant plus que la planète est plus grosse et que la comète s'en approche davantage. De là les irrégularités de la marche des comètes et les incertitudes de leur retour. Les astronomes se sont livrés à des calculs fort longs et fort pénibles, malheureusement quelquefois sans succès, pour évaluer les perturbations dans la course des comètes, afin d'en prédire le retour.

L'observatoire possède le catalogue d'environ six cents comètes. Au moment où une comète est signalée, on s'empresse de s'assurer si elle est connue et inscrite. Ne croyez pas toutefois qu'il suffit de la voir pour la reconnaître. La comète a une physionomie aussi mobile que celle d'une femme nerveuse ; à quelques jours d'intervalle et même en un temps

plus court, sa forme, ses dimensions, son éclat sont modifiés.

Pendant qu'Herschel, le fils, observait, en 1835, la comète de Halley, il la vit, pour ainsi dire, se transformer sous ses yeux. Lorsqu'on l'aperçut pour la première fois, dit-il, son aspect était celui d'un petit nuage arrondi dans l'intérieur duquel se trouvait un point lumineux.

La queue ne se montra que plus tard et s'accrut avec rapidité. Au moment où elle parut, le noyau devint beaucoup plus brillant, et il en surgit, à diverses reprises et dans des directions différentes, des jets lumineux plus ou moins étendus. Tantôt, c'était un jet unique, tantôt deux, trois ou un plus grand nombre de jets de formes variées.

Lumineux au point où ils sortaient du noyau, l'éclat de ces jets allait en s'affaiblissant ; ils se recourbaient et se rejetaient en arrière comme la fumée d'une locomotive en marche.

L'exemple que nous venons de citer montre clairement l'impossibilité où l'on est de reconnaître une comète par son aspect. La marche de la comète peut seule fournir des renseignements précis ; on détermine sa route, on évalue sa vitesse, on observe en un mot toutes les circonstances de son mouvement. Si tous les calculs peuvent s'appliquer à une comète déjà inscrite au catalogue, on en conclut l'identité des deux astres.

Toutefois, ce n'est qu'après plusieurs observations semblables que la comète est rangée parmi les *comètes périodiques* qui, actuellement, sont au nombre de quatre.

1° Celle de Halley, observée en 1531, 1607, 1682, 1759, 1835;

2° Celle de Encke, connue depuis 1818, reparaissant tous les quatre ans;

3° Celle de Biela, observée pour la première fois en 1826, dont la période est de sept ans;

4° Enfin, celle que M. Faye signala à Paris en 1843.

En étudiant la marche de cette dernière, on reconnut et la route suivie et la vitesse de l'astre. D'après ces données, elle devait paraître en 1851. On se hasarda jusqu'à déterminer l'heure où elle devait se trouver le plus près du soleil. La comète fut fidèle : à l'heure dite, elle était à son poste.

Pour se trouver ainsi exacte au rendez-vous, il fallait qu'elle n'eût rencontré sur sa route aucune planète. Autrement, elle se trouvait attirée, sa marche était modifiée et sa vitesse ralentie pendant un certain temps. Ces modifications dans la marche de l'astre et ces retards sont évalués par les astronomes, car ils connaissent les routes suivies par les diverses planètes, ainsi que la vitesse et la grosseur de chacune d'elles; ils savent donc si la comète passera dans leur voisinage et à quelle distance elle s'en trouvera. On sait que l'action de la planète dépend de sa grosseur et de la distance qui la sépare de la comète. Ainsi, on peut présumer de la durée de votre promenade par les personnes que vous rencontrerez et qui pourront vous retenir plus ou moins, suivant le degré d'intimité qui vous unit.

Clairaut, le célèbre géomètre, fit ce travail pour la comète d'Halley. Il trouva que Jupiter la retar-

derait de 518 jours et Saturne de 100. L'événement confirma les résultats du calcul.

En voyant les comètes, animées de mouvements analogues à ceux des planètes, tourner autour du soleil qui les éclaire, on peut présumer que ces corps célestes ont une commune origine. En regardant de plus près, les différences se montrent; le noyau de la comète n'est pas une masse solide compacte, mais plutôt une agglomération de poussière très-condensée; la chevelure et la queue semblent être formées de la même poussière de plus en plus disséminée. Il faut, en effet, que cette matière soit aussi ténue qu'elle est étendue, car au travers on voit des étoiles d'une lumière très-peu intense que le plus léger brouillard nous cacherait.

On peut se rendre compte des divers phénomènes que présente la comète, en supposant que c'est un corps d'abord solide qui, s'approchant du soleil, monte progressivement à des températures mille fois plus élevées que celle de la fusion du fer ou du platine. Il en résulte que le corps se dilate, se ramollit, fond, bout, se réduit en vapeur, et passe enfin à cet état de gaz lumineux qui nous est inconnu sur la terre, et qui est sans doute l'état primitif de la matière qui forme aujourd'hui les mondes.

Cette matière lumineuse, qui échappe par sa légèreté à la balance la plus délicate, subit l'action des planètes sans réagir sur elles. Sa mobilité est extrême : en quelques instants elle se répand sur un espace de plusieurs millions de lieues, et bientôt après se concentre sur une étendue mille fois moin-

dre. Nous ne connaissons rien d'aussi léger, d'aussi mobile, d'aussi étrange que ces corps. Qu'on cesse donc de croire que ces *riens visibles*, suivant l'ingénieuse expression de M. Babinet, puissent produire quelque perturbation sur la terre.

II. — La prédiction d'une éclipse.

Le temps n'est plus où une éclipse causait la terreur des populations ignorantes, où les habiles pouvaient profiter de la connaissance qu'ils avaient de ces phénomènes pour usurper le renom de confidents des dieux.

Aujourd'hui, les éclipses sont prédites d'avance et consignées dans les almanachs. On sait l'heure du commencement et l'heure de la fin du phénomène; on en connaît toutes les circonstances ; on peut dire si l'éclipse sera partielle ou totale, par où l'ombre commencera à mordre la lune, etc.

Lorsqu'on veut convaincre un sceptique ignorant de l'exactitude des travaux des astronomes, il suffit de citer l'exemple de la prédiction des éclipses. Il n'est pas possible, en effet, de supposer qu'un astronome ne connaît pas les lois qui régissent les mondes du moment que, longtemps d'avance, il annonce un phénomène qui se manifeste dans l'espace à une si grande distance de nous, et qu'il décrit d'avance en entrant dans les détails les plus circonstanciés et les plus précis.

Tâchons de dire en quelques mots comment se produit une éclipse.

Un astre est éclipsé soit par un autre astre qui se trouve à un moment donné entre lui et nous, soit par l'ombre que nous projetons sur lui. Ainsi *le soleil est éclipsé* par la lune, lorsque celle-ci est entre la terre et le soleil. Jupiter, cette grosse planète, 1,500 fois plus grande que la terre, *éclipse ses propres satellites* ou lunes, lorsque ceux-ci passent derrière lui par rapport à nous; *la lune éclipse des étoiles* en passant devant elles. D'autre part, lorsque nous nous trouvons entre le soleil et la lune, nous laissons derrière nous une longue traînée d'ombre qui, venant à atteindre la lune, alors dans son plein ou à peu près, produit ce qu'on nomme l'*éclipse de lune*.

Comment se peut-il que tantôt la terre se trouve entre le soleil et la lune, tantôt entre le soleil et nous? — Cela résulte de ce que la lune et la terre ont certains mouvements.

La terre tourne autour du soleil et fait un grand rond en une année; pendant ce temps la lune l'accompagne en tournant autour d'elle et faisant de petits ronds qui durent un mois environ; de sorte que pendant que la terre fait son tour, la lune en fait à peu près douze, et cela recommence indéfiniment. Figurez-vous une personne qui valse tout autour du salon pendant qu'une seconde personne valse autour de la première.

Il semble donc, qu'à chaque demi-tour de la lune, le soleil, la lune et la terre se trouveront en ligne droite, la terre ou la lune au milieu à tour de rôle.

La lune est-elle entre les deux, elle nous cachera le soleil ; la terre s'y trouvant, son ombre se projettera sur le disque brillant de la lune. Il y aurait donc à chaque *nouvelle lune* (lorsque la lune est entre nous et le soleil) une éclipse de soleil, et à chaque *pleine lune* (lorsque la terre est entre la lune et le soleil) une éclipse de lune. En tout, pendant un an, vingt-quatre éclipses, douze de lune, douze de soleil.

Ce n'est pas ainsi que les choses se passent, car les deux astres ne tournent pas sur le même plancher, si nous pouvons parler ainsi. Il faut vous représenter la lune tournant autour de la terre sur un plan incliné, et se trouvant tantôt plus haut, tantôt plus bas que le plancher où tourne celle-ci. La lune peut donc se trouver entre le soleil et la terre, au-dessus ou au-dessous de la ligne droite qui joint ces deux derniers astres, et dès lors il ne saurait y avoir éclipse.

Nous trouvions tout à l'heure vingt-quatre éclipses, et voici maintenant qu'une seule n'est plus possible ? Expliquons-nous : les trois astres ne sont pas toujours en ligne droite, mais ils s'y trouvent quelquefois, et alors l'éclipse est possible. Cela résulte du mouvement même de la lune qui, tout en tournant, s'élève ou s'abaisse par rapport à la ligne qui joint la terre au soleil, mais ne s'écarte pas de cette ligne d'une quantité toujours la même. Il en résulte qu'à certaines époques l'écart est assez faible pour que l'éclipse puisse avoir lieu.

Distinguons maintenant l'éclipse de lune et celle de soleil.

Eclipses de lune. — Supposons que les trois astres, le soleil la lune et la terre soient dans les conditions convenables pour la réalisation d'une éclipse de lune. La terre laisse derrière elle une ombre allongée en forme de pain de sucre, bordée d'une ombre adoucie, sorte de milieu entre l'ombre et la lumière, et qu'on nomme *pénombre*. L'ombre est assez large pour envelopper la lune tout entière, et produire une *éclipse totale*. Cependant, la lune peut pénétrer plus ou moins dans l'ombre, qui cachera des portions plus ou moins étendues du disque lunaire, et alors il y aura *éclipse partielle*.

En mordant sur la lune alors dans son plein, l'ombre y produit une échancrure arrondie qui lui donne la forme d'un plat à barbe. On retrouve là une des preuves de la rondeur de la terre, car cette ombre *toujours* arrondie ne peut venir que d'un corps rond comme une boule.

Même pendant l'éclipse totale et lorsque l'ombre recouvre la lune, on ne cesse pas de voir cet astre. Une faible lumière rougeâtre l'éclaire. Ce sont les rayons solaires qui contournent, pour ainsi parler, notre globe, s'infléchissent en rasant la terre et pénétrant dans l'enveloppe atmosphérique, empêchent que l'obscurité ne soit complète.

Comment on prédit une éclipse de lune. — Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on sait l'art de prédire les éclipses. Les Chaldéens avaient observé qu'au bout de 18 ans 11 jours, la lune et la terre se retrouvent dans les mêmes positions relatives, par rapport au soleil. De sorte que si, à un moment donné, il y a une

éclipse de lune, au bout de 18 ans 11 jours il y en a une semblable, et toutes choses recommencent de la même façon pendant les dix-huit années qui viennent comme dans celles qui se sont écoulées. Cette période se nomme le *saros des Chaldéens.*

Il arrive ici comme dans tous les phénomènes, que les lois incomplétement connues sont simples presque toujours; elles se compliquent du moment qu'on les connaît mieux et d'autant plus qu'on les approfondit davantage.

La période de 18 ans 11 jours n'est pas rigoureusement exacte; elle suffit cependant pour quelque temps, parce que la fraction négligée est faible; ce n'est qu'à la longue qu'on vient à s'apercevoir de l'inexactitude lorsque les fractions accumulées pendant des siècles ont fait des jours et des années. Aussi les Chaldéens purent s'en servir longtemps sans constater d'irrégularité marquante. Plus tard, l'inexactitude de la période a été remarquée, et on a pu tenir compte des causes qui la modifient. D'ailleurs, les anciens pouvaient, à la rigueur, annoncer une éclipse, mais jamais avec précision. Nous pouvons cependant nous servir encore du *Saros,* comme d'un moyen approximatif.

De nos jours, il existe des *tables* qui donnent pour chaque jour la position des astres dans le ciel et à l'aide desquelles on connaît à un moment donné les positions relatives de la terre, de la lune et du soleil. On sait donc quand ces astres sont loin ou près d'être en ligne droite, et voilà comment on arrive à prévoir les éclipses.

L'éclipse une fois prévue, il la faut calculer. Sera-t-elle partielle ou totale? Quelle sera sa plus grande phase, c'est-à-dire de combien le disque sera-t-il recouvert par l'ombre terrestre?

Pour répondre à ces diverses questions, il faut faire une sorte d'épure ou de dessin représentatif du phénomène, ce qui est possible, puisqu'on possède toutes les données nécessaires, c'est-à-dire la grosseur des astres, les distances qui les séparent et la nature de leurs mouvements.

On trace donc un cercle, qui représente l'ombre terrestre à la distance où se trouve la lune, car elle n'a pas partout la même étendue. On trace à plusieurs reprises, un second cercle qui représente la lune, en divers points du trajet qu'elle parcourt dans le voisinage du premier cercle et sur ce cercle même. La partie du trajet dans l'ombre étant très-courte est figurée par une ligne droite. Les yeux servent désormais de guide, on voit de combien le petit rond pénètre dans le grand, l'intervalle de temps compris entre l'entrée et la sortie de l'ombre est évalué à l'aide de la vitesse connue de la lune et de la terre.

Supposons le diamètre de la lune partagé en douze parties égales ou *doigts*, on pourra évaluer en doigts la grandeur de l'éclipse. Elle sera de douze doigts si elle est totale, de six doigts si elle est partielle et de la moitié du disque.

Il va sans dire que du moment que la lune est éclipsée, elle l'est pour tous ceux qui peuvent la voir au moment de l'éclipse, c'est-à-dire pour une moitié des habitants de la terre environ; nous allons voir

qu'il n'en est pas de même pour le soleil qui peut être éclipsé pour les uns et non pour les autres.

Eclipses de soleil. — Le soleil, est éclipsé par la lune, lorsque celle-ci passe entre nous et le soleil.

Mais la lune passant devant le soleil. peut cacher de cet astre une portion plus ou moins grande. Elle peut même nous le cacher en entier, bien qu'elle soit incomparablement plus petite que lui. Le soleil est, en effet, 70, 000, 000 de fois plus gros que la lune.

Qu'un petit corps puisse en éclipser un gros, cela ne surprendra personne. On en peut faire l'épreuve à chaque instant. C'est une question de distance ; placez le petit corps assez près de l'œil, tout est là. Votre canne placée devant vos yeux peut vous cacher une portion de Notre-Dame, les barreaux de la grille des Tuileries vous empêchent de voir certains arbres du jardin. Il n'est donc pas surprenant que la lune puisse éclipser le soleil.

Toutefois, précisément parce que la lune est très-petite relativement au soleil, elle ne l'éclipse pas pour tout le monde, nous voulons dire pour toute la terre. Ainsi pour en revenir à la comparaison précédente, un barreau de la grille qui cache un arbre, à une personne, n'empêche pas qu'une autre personne, placée à côté de la première, ne puisse voir de même arbre. Et, en effet, pour que le barreau puisse cacher l'arbre, il faut que l'œil, le barreau et l'arbre soient en ligne droite. De même le centre du soleil, celui de la lune et nous, devons être sensiblement alignés pour qu'il y ait éclipse de soleil.

Il en résulte que les éclipses de soleil sont *locales*, c'est-à-dire qu'elles ne sont *visibles* que pour certains points de notre globe. Voilà pourquoi, lorsqu'on annonce une éclipse de soleil, on a soin d'ajouter qu'elle sera visible ou invisible à Paris. Les éclipses de lune sont au contraire *universelles*, c'est-à-dire visibles de tous les points de la terre pour lesquels la lune est levée. Et en effet, tous ceux qui voient la lune doivent la voir avec l'ombre qui la recouvre. L'éclipse n'est pas produite dans ce cas par l'interposition d'un corps, mais par l'ombre projetée par un corps, et cela ne saurait dépendre du point de vue ou de la position du spectateur.

Aussi, bien que les éclipses de soleil soient plus fréquentes que celles de lune, on en voit moins ; sur soixante-dix éclipses, il y en a quarante-et-une de soleil; mais, pour un même point du globe, on verra plus souvent celles de lune que celles de soleil.

Les éclipses de soleil sont plus variées que celles de lune. Non-seulement elles peuvent être *totales* ou *partielles*, mais encore *annulaires et annulaires centrales.* Voulez-vous vous rendre compte de ces divers aspects du phénomène : prenez une pièce de cinq francs et une de cinquante centimes, disposez-les en ligne droite avec un de vos yeux et de manière que la pièce de cinquante centimes se trouve entre l'œil et la pièce de cinq francs. La première représente la lune, la deuxième le soleil.

Variez convenablement les distances, vous pourrez avec la plus petite cacher la plus grande en totalité. C'est l'éclipse totale.

Avancez alors la plus grande, et vous en verrez une portion circulaire, un anneau tout autour de la petite, c'est l'éclipse annulaire. Elle sera centrale si les centres sont en droite ligne avec l'œil, et simplement annulaire dans le cas contraire, et alors l'anneau sera plus large d'un côté que de l'autre.

Enfin, si la petite pièce est par trop de côté, l'éclipse sera partielle et plus ou moins étendue, ou même n'aura pas lieu.

La durée d'une éclipse de soleil dépend tout naturellement de la vitesse de la lune et de la terre et ne saurait donc dépasser certaines limites. Ainsi, la plus grande durée est d'environ quatre heures et demie à l'équateur, de trois heures et demie à Paris.

Le temps pendant lequel le soleil sera complétement éclipsé atteint tout au plus huit minutes à l'équateur, sept minutes à Paris. Une éclipse annulaire n'est annulaire que pendant 12 minutes environ à l'équateur, dix minutes à Paris.

Toutes ces diverses circonstances s'expliquent facilement, du moment qu'on connaît la marche des astres et leurs positions relatives. On comprend le peu de durée du phénomène et les limites de sa visibilité si l'on observe la petitesse de la lune relativement au soleil. Tout à l'heure, nous supposions, pour fixer les idées, qu'il s'agissait d'une pièce de cinq francs et d'une de cinquante centimes; mais, si l'on veut avoir égard aux dimensions, il faut représenter la lune par une bille d'un centimètre de diamètre et le soleil par une boule d'un diamètre environ quatre cents fois plus grand. De plus, il

faudra supposer la grosse boule quatre cents fois plus loin de l'œil que la petite.

PRÉDICTION D'UNE ÉCLIPSE DE SOLEIL. — Le *saros* des Chaldéens, cette période de dix-huit ans onze jours après laquelle la lune, le soleil et la terre se retrouvent comme ils étaient dix-huit ans onze jours auparavant, permet de prévoir les éclipses de soleil. Mais, tandis que les éclipses de lune sont annoncées presque à coup sûr à l'aide de cette période, celles de soleil ne peuvent l'être qu'imparfaitement.

Si, comme cela a lieu, la concordance de la marche de la lune et de la terre n'est pas rigoureusement périodique, s'il y a des divergences même légères, sans influence sur le retour et la réalisation des éclipses de lune, il n'en saurait être de même pour celles de soleil. Il faut, en effet, de très-faibles changements dans la situation relative de la lune, de la terre et du soleil pour qu'une éclipse de soleil ne soit plus visible dans un lieu où elle l'avait été dix-huit ans auparavant, ou que, totale d'abord, elle ne soit plus que partielle. Sans doute, il y aura toujours une éclipse pour quelque lieu, mais non pour le même lieu.

On s'explique maintenant pourquoi les anciens ont prédit des éclipses de lune et non celles de soleil, car ils ne les déterminaient point par le calcul, mais par l'observation pure et simple.

Ce n'est pas tout : une éclipse de soleil doit être déterminée pour chaque instant très-court de sa

durée, car il faut tenir compte du déplacement des corps célestes pendant la durée de l'éclipse.

Il faut encore indiquer les lieux divers qui verront le soleil, éclipsé soit totalement, soit partiellement. Avez-vous remarqué l'ombre d'un oiseau qui vole au soleil? Elle court sur le sol, et chaque point sur lequel a passé l'ombre a été privé du soleil au moment du passage. Ainsi, la lune passant devant le soleil projette son ombre sur la terre, et le trajet de cette ombre passe par tous les lieux où l'éclipse sera visible. C'est donc la trace de cette ombre qu'on détermine par des calculs, sinon compliqués, au moins fort nombreux. Aussi les anciens, qui ne possédaient pas les lois précises, ne pouvaient guère se hasarder qu'à prédire les éclipses de lune. Aujourd'hui, la connaissance plus complète des mouvements des corps célestes permet de marquer à chaque moment la position relative de ces corps.

Or, il est nécessaire de faire cette détermination à chaque instant, lorsqu'il s'agit d'une éclipse de soleil; car, encore une fois, le soleil éclipsé n'est pas recouvert d'une ombre visible de tous les lieux qu'il éclaire. Pendant qu'il est caché pour les uns, il ne l'est pas, au même moment pour les autres.

De quelques particularités curieuses. — L'obscurité qu'amène l'éclipse totale de soleil n'est pas complète; elle ne ressemble point à la nuit. Et, en effet, pendant une partie de la nuit, toute la portion de notre atmosphère, qui se trouve au-dessus de notre horizon, ne reçoit aucun rayon du soleil qui éclaire

alors la partie opposée. Pendant l'éclipse, au contraire, l'ombre de la lune ne fait, pour ainsi dire, qu'une trouée dans notre atmosphère, et tout autour de cette ombre il y a de la lumière. Il faudrait que l'ombre enveloppât la terre pour que la nuit fût tout à fait obscure.

Un phénomène assez curieux a appelé l'attention des observateurs, lors d'une récente éclipse totale, c'est l'apparition sur le contour des deux astres de protubérances d'un rose violacé dont on ne connaît pas la cause.

Mais voici un nouveau fait qui ne manque pas d'intérêt : vous savez que si l'on pratique une très-petite ouverture au volet d'une chambre obscure, on obtient sur un écran, dans l'intérieur de la chambre, une image du soleil ronde comme cet astre. Pendant l'été, ce phénomène se produit à l'ombre des bois. A travers les nombreux interstices que laissent entre elles les feuilles, le soleil pénètre et donne sur le sol des images plus ou moins arrondies, suivant l'obliquité des rayons. Mais si le soleil vient à être éclipsé partiellement et qu'il ait la forme d'un croissant, les images ont la même forme.

Ici se place naturellement la naïve description de la grande éclipse de soleil de l'an 1706, par Jean Chessex de Veraie, justicier des Planches de Montreux, que nous avons choisie surtout parce qu'elle est faite, dans le style du temps, par un homme spirituel et instruit.

« Cette année est très-remarquable, dit le chroniqueur, particulièrement pour la grande éclipse de soleil qui arriva le 12 de may de dite année, qui

étoit entière et de tout le corps du soleil; laquelle totale éclipse solaire a été la 13e après la naissance de Jésus-Christ, et la suivante, qui sera la 14e, ne sera veue ni de nous ni de beaucoup de générations après nous. Celle-ci commença à 8 h. 54 m. devant midi, le milieu à 9 h. 58 m., et sa fin à 11 h. 4 m.; l'obscurcissement total de tout le corps du soleil dura 4 minutes; laquelle arriva en un jour entièrement clair et serein, et ce un mercredi. Elle apporta tant de frayeur généralement à un chacun, tant à cause de l'obscurité qui survint comme en pleine nuit, qu'à cause qu'il sembloit que la nature vouloit prendre fin, d'autant que les estoiles apparurent presque toutes : beaucoup d'artisans furent contraints quitter leur besogne ou demander de la chandelle; les laboureurs et vignerons quittèrent leur travail et se retiroyent en leurs maisons; les coupeurs de bois se trouvèrent en pleines ténèbres au milieu des forêts; les voyageurs se virent enveloppez d'obscurité et en divers endroits exposez aux voleurs qui, sçachant auparavant cela, prirent leurs mesures pour surprendre les passans. Les femmes simples et idiotes, et non informées de cette éclipse, se creurent à la veille du dernier jour, et se mirent à prier une fois à bon escient si jamais elles l'avoyent fait en leur vie, etc., etc. »

Plus loin, le chroniqueur ajoute que « les chauves-souris se mirent à voltiger comme de nuit, selon leur coutume. »

A QUOI PEUT SERVIR UNE ÉCLIPSE. — Lorsqu'on sait que le milieu d'une éclipse aura lieu à Paris, à une

certaine heure, et qu'on observe l'heure à laquelle répond le milieu de la même éclipse à Dijon ou à Marseille, on connaît la différence des heures entre Paris et l'une ou l'autre de ces villes. Il sera ensuite facile d'en déduire la longitude de Dijon ou de Marseille, c'est-à-dire la distance du méridien de chacune de ces villes à celui de Paris. Or, on sait que la détermination des longitudes est un des éléments de la construction des globes et cartes géographiques.

On peut encore trouver dans les éclipses un moyen de contrôler ou de vérifier les dates. Qu'un historien ancien ait décrit une éclipse d'une manière assez complète, que le récit des événements contemporains se trouve lié à ce phénomène astronomique, et la connaissance que l'on a du renouvellement périodique des éclipses pourra servir, en remontant de proche en proche, à déterminer l'intervalle de temps qui nous sépare des événements décrits par l'historien.

Les éclipses sont donc également utiles à la géographie et à l'histoire.

IV

A PROPOS DE L'HEURE DANS LES DIVERS PAYS

Lorsque pour la première fois il y eut à Saint-Germain l'Auxerrois une horloge qui sonnait les quarts d'heure, une princesse de France, dont j'ai oublié le nom, se plaignit de ce qu'on lui coupait sa vie en menus morceaux.

Et pourtant la durée de la vie humaine est si courte, qu'on ne saurait la trop découper lorsqu'on veut l'allonger un peu.

Détaillez, hachez le temps, donnez une valeur à chaque instant, si petit qu'il soit, il fuit sans retour.

Et puis, s'il n'est pas donné à l'homme d'avoir de longues périodes de bonheur, il lui arrive quelquefois de rencontrer des jours heureux. Il vécut peu de jours, dit-on d'un homme dont la vie a été courte,

te ; ses jours sont comptés, dit-on de celui qui n'a que quelque temps à vivre.

Lorsque pour la première fois l'homme voulut mesurer le temps, il prit naturellement le jour pour unité de mesure.

Comme il est d'ailleurs naturel de choisir le jour pour unité ! N'offre-t-il pas l'image de la vie ? Ne le voit-on pas naître, grandir et mourir ?

Les Chaldéens, les Égyptiens, les Hébreux divisèrent le jour en plusieurs parties ; ils avaient vu les ombres des corps, d'abord légères et élancées au lever du soleil, devenir plus sombres et plus ramassées à mesure que le jour devenait plus éclatant, puis s'allonger encore et devenir transparentes aux approches du crépuscule. L'ombre la plus courte indiquait naturellement le milieu du jour, le midi. Les ombres égales du même objet indiquaient des temps égaux avant et après midi.

De là, la coutume chez ces peuples de compter le jour d'un coucher de soleil à l'autre, comme l'observent encore les Israélites dans les pratiques religieuses.

Les Grecs partagèrent le jour en dix heures. C'étaient :

1. L'aurore. — 2. Le lever du soleil. — 3. L'étude. — 4. Le gymnase. — 5. Le bain. — 6. Le midi. — 7. Les libations. — 8. La prière. — 9. La table et les plaisirs. — 10. Le coucher du soleil.

La nuit était divisée en quatre parties seulement, qui variaient avec les saisons.

L'heure, on le voit, n'est pas ici un simple nombre, mais l'indication d'un plaisir, d'un travail ou

d'un devoir. De sorte que les divisions de la journée nous fournissent quelques renseignements sur la vie des Grecs.

Les Romains partagèrent le jour et la nuit chacun en douze heures. En été, la journée étant plus longue, les heures étaient d'environ cinq quarts d'heure; en hiver, elles n'étaient que de trois quarts d'heure.

La journée romaine se partageait en matin, midi et soir. Le matin, à la première heure, c'est-à-dire à six heures, chaque homme riche recevait ses clients. Ces visites duraient jusqu'à huit heures environ. Le patron montait alors en litière pour se rendre au Forum, suivi d'un groupe de clients. Les affaires commençaient à la troisième heure, et duraient jusqu'à la sixième (de neuf heures à midi). De la sixième à la huitième, déjeuner et sieste (de midi à deux heures). Puis on travaillait pendant une heure environ. Le soir commençait à la neuvième heure (trois heures), et avec le soir les exercices, les plaisirs et la promenade. Puis venait l'heure du bain, la dixième (quatre heures), le souper, puis le coucher.

En bien des points, on le voit, la journée romaine ressemblait à la nôtre; mais nous travaillons plus que les Romains.

Au quinzième siècle, l'Église divisa la journée en quatre parties, de trois heures chacune.

De 6 à 9, PRIME. — De 9 à 12, TIERCE. — De 12 à 3, NONE. — De 3 à 6, VÈPRES.

Ces noms, qui signifient première, troisième, neuvième et soir, indiquent l'ordre des prières qu'on

récitait à la première, à la troisième, à la neuvième heure et le soir. On nommait ces prières les *heures canoniales*.

Les divisions peu nombreuses indiquent la vie simple et unie de chaque jour à cette époque de grand travail, et les prières qui marquent ces divisions montrent bien une époque de foi.

Quel pays pouvait compter assez sur le soleil et sur les nuits sereines pour mesurer le temps? Combien de fois la pluie ou les nuages ne troublèrent-ils pas l'ordre de la journée. Puis, il fallait le plus souvent aller chercher l'heure sur la place publique, car peu de gens avaient d'assez vastes jardins pour y installer un gnomon. De là l'invention de la clepsydre (horloge à eau) et du sablier (horloge à sable).

Il était naturel de mesurer le temps qui est, pour ainsi dire, le lieu dans lequel s'écoulent les événements, par l'écoulement d'un corps solide en poudre ou d'un corps liquide; c'est un mouvement représenté par un autre : le premier, dans la durée, le second dans l'espace.

Il y eut alors quelque régularité dans la division du temps. Mais la mesure rigoureusement précise du temps est toute récente. La chute d'un poids, la détente d'un ressort, c'est-à-dire la pesanteur ou l'élasticité animent les horloges modernes. Le poids en tombant ou le ressort en se détendant, entraîne une suite de roues dentées parmi lesquelles se trouvent celles qui portent les aiguilles.

Mais la chute d'un corps ou la détente d'un ressort ne donnent pas des impulsions uniformes. Le mouvement des roues et par suite celui des aiguilles

serait varié et ne saurait en conséquence servir à la mesure du temps. Il a donc fallu associer le *moteur* (poids ou ressort) avec le *régulateur* (pendule ou balancier à spiral). La régularité s'obtient en détaillant le mouvement, en le laissant *échapper* petit à petit comme on laisserait écouler goutte à goutte l'eau renfermée dans un vase. Il y a donc, outre ces deux pièces essentielles, savoir : *le moteur* et le régulateur, l'échappement lié à ce dernier, et l'ensemble des rouages qui constitue le *mouvement*.

On pût alors partager le jour (jour et nuit réunis), c'est-à-dire la durée de la rotation de la terre, en vingt-quatre parties égales.

Nous comptons douze heures de jour et douze heures de nuit : la douzième s'appelle midi (milieu du jour) ou minuit (milieu de la nuit). Les astronomes comptent de une heure à vingt-quatre.

Pour déterminer les heures de la journée, il suffit de connaître l'une d'elles, midi, par exemple. Comment savoir qu'il est midi? — Le soleil l'indique par le plus haut point de sa course apparente, lorsque l'ombre des corps est la plus courte possible.

Tel est le midi solaire ou *midi vrai*. Nous étonnerons peut-être bien des gens en leur disant que tel n'est pas le midi de leur montre, et qu'il ne faut pas régler sa montre sur le canon du Palais-Royal. — Ce canon part au moment du midi vrai ; à ce moment où le soleil se trouve dans le méridien, ses rayons sont concentrés par un verre sur la lumière du canon et ils enflamment la poudre.

On se demande naturellement comment il existe d'autre midi que le midi vrai. Pour le comprendre,

il faut savoir que la marche apparente du soleil est irrégulière, qu'elle est tantôt plus et tantôt moins rapide. Le mouvement des aiguilles d'une montre bien réglée est au contraire uniforme ; celles-ci vont d'un pas égal, et dès lors se trouvent tantôt en retard, tantôt en avance sur le soleil. — On sait, pour chaque jour, la différence des heures indiquées par la montre et le soleil. En plus comme en moins, cette différence ne dépasse jamais un quart d'heure. — Nous pouvons donc admettre sans grosse erreur que le soleil règle notre temps.

Il est donc midi pour nous lorsque le soleil est au milieu de sa course apparente ; il est alors minuit pour nos antipodes. Entre nos antipodes et nous, au milieu de l'intervalle qui nous sépare, tant à l'est qu'à l'ouest, il y a six heures de différence : il est donc six heures du matin ou du soir, — du soir à l'est, du matin à l'ouest. — Continuant à diviser la surface de la terre par des lignes analogues à celles qui dans un orange séparent les tranches, on obtiendra à l'aide de vingt-quatre de ces lignes, à égale distance les unes des autres, les points de la terre, où on comptera au même moment une heure, deux heures, trois heures, etc., du soir ou du matin.

Ces lignes se nomment *méridiens ;* elle se réunissent toutes en deux points qui sont les *pôles.* La ligne qui joint les pôles est *l'axe* autour duquel tourne la terre. On conçoit qu'on puisse diviser l'intervalle compris entre ces méridiens en soixante parties égales par de nouveaux méridiens, et pour tous les points de la terre où passeront ces nouvelles lignes,

il y aura une différence d'une minute en passant d'un lieu au voisin.

On comprend maintenant pourquoi, si l'on va de Paris à Strasbourg, par exemple, à mesure qu'on avance vers l'est, la montre réglée sur Paris retarde de plus en plus. Le contraire a lieu si l'on va vers Nantes, c'est-à-dire à l'ouest.

Si l'on continuait ainsi à marcher vers l'est, de manière à faire le tour du monde et à revenir au point de départ, la montre retarderait à la fin du voyage d'un jour entier, et, tandis que les habitants du lieu de départ compteraient jeudi, le voyageur ne compterait que mercredi. Ainsi, lorsque Magellan partit de Lisbonne et fit le tour du monde, en se dirigeant vers l'ouest, il perdit un jour en tournant autour de la terre, et nommait vendredi le jour qu'à Lisbonne on appelait jeudi.

L'HEURE

DANS LES I VERS PAYS

LORSQU'IL EST MIDI A PARIS

	Heures correspondant au midi moyen de Paris.			Longitudes.			
	h.	m.	s.	°	'	''	
Athènes..........	1	25	34	21	23	29	E
Batavia..........	6	58	12 soir	104	32	57	»
Berlin...........	12	44	15	11	3	43	»
Bruxelles........	12	8	8	2	2	4	»
Calcutta.........	5	44	0	86	0	3	»
Christiania......	12	33	33	8	23	15	»
Constantinople...	1	46	35	26	38	50	»
Copenhague.......	12	40	59	10	14	48	»
Dublin...........	11	25	17	8	40	39	O
Édimbourg........	11	37	56	5	31	3	»
Florence.........	12	35	41	8	55	15	»
Genève...........	12	15	15	3	48	46	»
Greenwich........	11	50	39	2	20	9	»
Jérusalem........	2	11	25	32	52	15	E
Leipzig..........	10	40	13	10	3	15	»
Lyon.............	12	9	57	2	29	10	»
Lisbonne.........	11	14	5	11	28	45	O
Madrid...........	11	35	56	6	0	54	»
Marseille........	12	12	8	3	1	55	E
Milan............	12	27	24	6	51	5	»
Moscou...........	2	20	56	35	14	4	»
Munich...........	12	36	57	9	14	18	»
St-Pétersbourg...	1	51	53	27	58	13	»
New-York.........	7	54	39	76	20	12	O
Québec...........	7	5	50	73	32	25	»
Rome.............	12	40	28	10	7	3	E
Téhéran..........	3	16	29	49	7	15	»
Vienne...........	12	56	10	14	2	22	»
Washington.......	7	42	28	79	20	33	O
Yédo.............	7	9	39 soir	137	24	53	E

V

LE PORTRAIT DE LA TERRE

— Oui, mon ami, il s'agit d'un portrait dont on ne saurait vérifier la ressemblance, par cette raison bien simple que nous ne pourrions voir le modèle, qui d'ailleurs n'a pas posé.

— Est-ce possible?

— Voilà comme nous sommes tous; nous nous écrions tout de suite : impossible! jusqu'au moment où nous disons : comme c'est simple!

— Mais, enfin, je comprends un portrait fait de mémoire; je conçois encore que le photographe puisse faire un portrait en détournant les yeux pour ne pas voir la personne qui pose; mais l'image de quelqu'un qu'on ne peut pas voir, qu'on ne verra pas, qui ne pose pas!... Allons, allons, vous voulez plaisanter.

— Qui vous a dit qu'il s'agissait d'une personne?

Le portrait dont je parle est celui de la terre. Il s'agit tout simplement d'une carte géographique. Or, vous n'avez jamais vu que le petit coin de terre que vous habitez, et vous ne pensez pas qu'on puisse s'éloigner assez de la terre pour l'embrasser tout entière d'un coup d'œil.

Et cependant les cartes géographiques sont des portraits, peu ressemblants, je l'accorde, mais enfin, c'est déjà quelque chose qu'un semblable portrait. Faire la photographie de la lune ou la dessiner après l'avoir regardée au télescope, c'est chose relativement facile, et si nous pouvions aller à la lune, de là-bas ou de là-haut, nous dessinerions la terre, d'autant mieux qu'elle nous paraîtrait comme une lune d'un diamètre quatre fois plus grand.

Eh bien, sans quitter la terre, sans même la voir, nous allons tracer les contours des continents, les chaînes de montagnes, le cours des fleuves, la place des villes, puis indiquer les distances qui séparent les divers pays, les surfaces des contrées, l'étendue des possessions de chaque peuple, les zones froides et les zones chaudes, les régions habitées et inhabitables, etc.

Rappelons d'abord que la terre est ronde, qu'elle tourne autour de son *axe*, dont les extrémités sont les *pôles*, que des circonférences passent par les pôles, et se nomment les *méridiens*.

Le nombre des méridiens est illimité; on en peut concevoir tant qu'on veut à la surface de la terre.

Un grand cercle unique coupe tous les méridiens

transversalement ou perpendiculairement à l'axe : c'est l'*équateur.*

Méridiens et Equateur sont divisés en trois cent soixante parties égales ou *degrés,* qui sont des degrés de *latitude* sur les méridiens et de *longitude* sur l'équateur.

Outre les méridiens et l'équateur, on imagine un certain nombre de cercles parallèles à l'équateur, en nombre illimité, ce sont les *parallèles.*

Chaque lieu à la surface de la terre est déterminé par sa latitude et sa longitude, qui le sont elles-mêmes par le secours de l'astronomie.

On peut dès lors, étant donné un globe, tracer sur sa surface des circonférences, qui représenteront les méridiens et les parallèles, et marquer les divers lieux dont on connaîtra la longitude et la latitude. On obtiendra ainsi un globe géographique ou terrestre.

Ce que l'on comprend moins facilement, c'est la construction d'une carte, la possibilité de représenter une boule, sur une surface plane ou plate. Comment est-il possible de faire à plat quelque chose de bombé, d'étaler en quelque sorte sur une feuille de papier, une terre en ronde bosse?

Qu'on essaie, en effet, de dérouler un corps de la forme d'un tuyau ou un cornet de papier qui a la forme d'un pain de sucre, on le peut sans altérer les diverses parties déroulées, sans préjudice pour l'exactitude des figures; mais qu'on vienne en faire autant pour une sphère, la *développer*, c'est-à-dire prendre un globe creux, l'ouvrir et le dérouler à plat, et on sera arrêté. Le globe sera plié ou même déchiré; il n'est pas *développable.*

Il est donc impossible de représenter *exactement* la terre sur un tableau, et il faut tâcher alors :

1° De conserver les directions semblables sur la terre et sur la carte, lorsqu'il s'agit des cartes destinées à la marine; ou bien :

2° De garder un même rapport entre les surfaces des divers pays, prises sur la terre et sur la carte, et de comparer entre elles les étendues des différentes contrées. C'est dans ce double but que les *projections* ont été inventées.

Quant aux procédés qui consistent à faire un portrait plus ou moins ressemblant de la terre, une sorte de vue à vol d'oiseau, ils n'ont aucun caractère scientifique, et ne sauraient convenir ni au marin ni au géographe.

— J'avais cru, jusqu'à présent, qu'une mappemonde représentait exactement la surface de la terre; qu'en la regardant, je voyais la terre comme pourrait le faire un homme qui la regarderait d'assez loin et avec d'assez bons yeux pour la voir dans son ensemble. Vous me montrez qu'il n'en est pas ainsi, qu'on ne peut pas mettre sur un plan ce qui est bombé, et que dès lors les mappemondes sont bien un portrait de la terre, mais un portrait peu ressemblant. Alors, à quoi sert une mappemonde, et si elle ne sert à rien, par quoi faut-il la remplacer?

— Cela dépend de ce que vous demandez à une carte.

— Mais je veux savoir si tel pays est au nord ou au sud de tel autre; quelle est à peu près leur distance, quelles sont les régions qui les séparent,

connaître les bornes des diverses contrées, leur étendue relative; suivre la marche des troupes en temps de guerre, ou celle des grands voyageurs et des commerçants en temps de paix, etc.

— Je trouve que vous demandez beaucoup à votre carte, et qu'elle doit souvent rester muette ou vous égarer. Le procédé employé pour la construction de ces cartes, exclut toute exactitude. Les directions d'un pays à l'autre, il n'y faut pas songer; les distances, pas davantage; les surfaces des contrées, encore moins.

— Comment faire?

— Je vais vous le dire. Mais procédons avec ordre. Sachez d'abord qu'on peut figurer avec exactitude une petite étendue de pays. Paris, par exemple, peut être considéré comme un plateau. On en peut faire le *plan*, et, à l'aide du plan, on connaîtra les distances des divers points entre eux, les surfaces des arrondissements, le cours de la Seine, les directions à suivre pour aller d'un point à un autre.

S'il s'agit d'un département, la représentation est moins rigoureuse, mais on peut encore l'admettre sans trop d'erreur. En effet, l'étendue d'un département offre une surface légèrement bombée.

Si maintenant on veut faire le plan de la France, la convexité est décidément trop accentuée. On emploie alors le procédé dit de la carte de France de l'état-major, par lequel on cherche à éviter que la déformation ne soit trop grande, mais cependant on ne saurait l'éviter.

Pour une portion plus considérable de la surface

de la terre, il ne faut pas songer à la figurer : c'est impossible. Il n'y a qu'un globe qui puisse offrir l'image exacte d'un autre globe.

Ceci étant posé, je vous réponds :

Voulez-vous savoir si Paris est au nord ou au sud de New-York? Voyez les latitudes de ces deux villes sur votre table ou votre dictionnaire, et si vous ne possédez que votre carte, suivez les parallèles qui passent par l'une et par l'autre ville ; observez celui qui est plus haut ou plus bas. Ce moyen est surtout nécessaire avec des mappemondes où les parallèles n'étant pas des lignes droites, on pourrait commettre des erreurs au premier coup d'œil.

Comme les parallèles ne sont pas très-nombreux, et qu'il n'y en a pas pour chaque ville, il faut se rapporter à ceux qui se trouvent le plus près des villes dont on compare la latitude.

Voulez-vous suivre la marche des troupes et les divers épisodes qui s'y rapportent : prenez une carte du théâtre de la guerre. Elle sera peu étendue et par conséquent assez fidèle. Faites-en autant pour suivre l'itinéraire du voyageur : prenez la carte spéciale de la région qu'il parcourt.

— Comment fait donc le marin pour se diriger sur mer, où il n'y a ni routes tracées, ni poteaux indicateurs? De quelles cartes se sert-il?

— Pour les marins, c'est autre chose. Ils ne se préoccupent pas de représenter les mers qu'ils traversent ; aussi leurs cartes offrent-elles les déformations les plus étranges, et ce serait un singulier portrait du globe, s'ils avaient la pensée de faire un portrait. La boussole leur donne le méridien, et ils



s'arrangent de façon que la direction suivie par le navire fasse toujours le même angle avec le méridien, cet angle ayant été déterminé au moment du départ. C'est pour eux une simple question de direction.

De temps en temps, il est vrai, le marin interroge le ciel; il demande aux étoiles de le renseigner sur le point qu'il occupe, et tandis que le sillage de son vaisseau s'efface, le marin trace sur la carte la route qu'il a suivie.

La boussole et la tramontane (étoile polaire), voilà les guides du marin; on comprend dès lors qu'il ne doive perdre ni l'une ni l'autre.

Voulez-vous maintenant connaître les étendues relatives des divers pays? prenez la carte homalographique. Vous savez tout de suite en jetant les yeux dessus, que la France est plus grande que l'Espagne, que les contrées de l'Amérique du Nord et de la Sibérie ne sont pas aussi spacieuses qu'elles le paraissent sur les autres cartes, que l'Afrique gagne beaucoup en étendue.

Les parallèles étant représentés par des lignes droites, on juge facilement à simple vue de la situation géographique des divers pays. Rien n'est plus commode que de résoudre le problème proposé plus haut, savoir si Paris est ou non au nord de New-York. Il suffit de voir si ces deux villes sont ou non à la même hauteur, tandis que dans les autres cartes où les parallèles sont des lignes plus ou moins courbes, on est obligé de suivre le parallèle de point en point.

Un autre avantage des parallèles rectilignes, c'est

qu'on rectifie bien des erreurs de direction causées par les autres cartes. Ainsi, le grand canal par lequel la Méditerranée débouche dans l'Océan, semble ordinairement dirigé de l'est à l'ouest, tandis que, dans la réalité, sa direction est au sud-ouest. Les Pyrénées françaises semblent, sur les autres cartes, remonter vers le nord; il n'en est rien. Ainsi de tant d'autres.

Il n'y a donc en réalité que deux sortes de cartes :

1° Les *cartes marines*, qui représentent fidèlement les angles formés par les diverses directions suivies par le navire, les zigzags plus ou moins prononcés de sa route, avec les méridiens et les parallèles, mais rien que cela;

2° Les *cartes homalographiques*, qui fournissent : 1° l'étendue relative des divers pays; 2° les véritables directions des cours d'eau, des chaînes de montagnes, etc.; 3° enfin, la position relative des divers lieux.

PHYSIQUE

I

LA PLUIE ET LE BEAU TEMPS

On accorde souvent au baromètre une confiance trop absolue, parce qu'elle est aveugle. On le consulte pour connaître les variations du temps, de même qu'on regarde sa montre pour savoir l'heure; comme si tous les cadrans devaient avoir nécessairement la même valeur, comme si, par exemple, le mot tempête marqué par l'aiguille du baromètre devait être une indication aussi précise que celle d'une heure quelconque désignée par l'aiguille de la montre. On répond avec la même assurance à la question *quelle heure est-il?* et à la question *quel temps va-t-il faire?* Puis, si la promesse du baromètre ne se justifie pas, on s'en prend à l'instrument, même à la science, et tous deux cependant sont parfaitement innocents.

Or, il y a une différence, et une différence nota-

ble, entre les indications d'une montre et celles d'un baromètre. Une montre qui marche bien, indique exactement l'heure; un baromètre bien construit n'annonce pas nécessairement le temps qu'il va faire. Bien mieux, c'est quelquefois lorsque le baromètre marche vers le beau qu'il faudrait prendre son parapluie, et lorsqu'il marque *pluie* que la journée va être magnifique. Comme on le voit, quand il se trompe, ce n'est pas à moitié. Une bonne montre peut avancer ou retarder quelque peu : un baromètre est inexact du tout au tout.

Comment se peut-il donc que l'on consulte un instrument aussi infidèle? car on ressemble alors à quelqu'un qui consulte une pendule sans savoir si elle est réglée. La raison est qu'il dit souvent juste, plus ou moins suivant le pays. Mais, dira-t-on, s'il a quelquefois raison, pourquoi n'a-t-il pas toujours raison? Voici justement le point. Le baromètre n'est pas fait pour prédire les variations du temps, mais pour mesurer la pression de l'atmosphère.

La mince colonne de mercure que vous voyez est la valeur de cette pression. La colonne est d'autant plus haute, que la pression est plus forte; elle est, au contraire, d'autant plus faible, que la colonne mercurielle est plus basse. Or, dans cette indication, le baromètre, lorsqu'il est bien fait, ne saurait se tromper. La colonne de mercure ayant une certaine hauteur, ne saurait en avoir une autre, ou, si l'on aime mieux, la pression atmosphérique ayant une certaine valeur, le baromètre ne saurait en indiquer d'autres.

Pourquoi alors se sert-on du baromètre pour in-

diquer les changements de temps? C'est que la pression atmosphérique peut varier selon le temps qu'il fait, qu'il y a un rapport entre les variations de la pression exercée par l'air et les variations du temps, et que par là le baromètre est en relation indirecte avec le temps. Mais l'appréciation de ces rapports ne peut encore avoir de précision ; le tort est donc de notre côté, si, vis-à-vis d'une hauteur ou pression, nous écrivons les mots : *variable*, *beau*, *tempête*, etc., car nous exprimons des rapports dont nous ne sommes pas sûrs. Nous allons le montrer en cherchant comment ces rapports existent, et dans quelle mesure ils peuvent servir comme pronostics. Mais, pour être clair, il nous faut d'abord dire quelques mots sur l'atmosphère, et les mouvements qui s'y produiduisent sous l'influence de la chaleur.

L'atmosphère, dont le baromètre nous indique la pression, est la masse d'air qui environne la terre de toutes parts. L'air étant éminemment compressible et élastique, il en résulte qu'à la surface de la terre, son poids est le plus grand, parce que la couche qui touche le sol supporte les couches supérieures, et qu'à mesure qu'on s'élève, on trouve l'air de plus en plus léger, jusqu'à ce qu'il devienne tellement rare, qu'il ne cherche plus à se détendre et que ses molécules restent éparpillées et immobiles dans l'espace.

Les rayons solaires traversent l'air à peu près comme ils traversent le verre, sans y laisser leur chaleur qu'ils viennent déposer sur la terre. — L'air laissant ainsi passer la chaleur sans la retenir, comment s'échauffe-t-il donc ? C'est à la terre qu'il prend sa chaleur. — Avez-vous remarqué pendant les chau-

des journées d'été des vacillations à la surface des prairies, ou bien encore, en hiver, les mêmes vacillations autour d'un tuyau de poêle ? Ce sont les couches d'air qui, en s'élevant, produisent ces sortes de courants. La fumée, la flamme les rendent encore plus visibles en les colorant. Eh bien, ces courants d'air que nous voyons seulement dans certains cas, lorsqu'ils sont rapides et vivement éclairés, existent toujours et partout.

D'autre part, au fur et à mesure qu'une certaine quantité d'air s'élève après s'être échauffée, l'air environnant comble aussitôt le vide pour s'élever à son tour. On peut se faire une idée de ce qui se passe en un point de la terre échauffée par le soleil par ce qui a lieu dans une chambre où l'on fait feu : l'air de la chambre s'écoule peu à peu par le tuyau de la cheminée, après s'être échauffé, et il se fait un appel d'air extérieur par toutes les ouvertures.

Ajoutons que l'air est si léger — le litre d'air pèse environ un gramme — que la moindre force suffit pour le mettre en mouvement, l'agitation de l'éventail aussi bien que la plus légère variation de température. L'atmosphère est donc dans un état de mobilité permanente, et lors même que l'air paraît calme à la surface de la terre, vous trouvez déjà sur le faîte des édifices ou sur les sommets des collines des courants d'air plus ou moins vifs.

Ces courants, qui ne sont pas toujours sensibles pour nous ou qui ne sont pas toujours à notre portée, qui constituent les vents de toutes sortes, par conséquent amènent ou chassent les nuages, apportent ou dissipent la vapeur d'eau et la pluie, en un

mot, causent les changements de temps; ces courants, le baromètre nous les signale fidèlement parce que, tantôt en s'élevant, tantôt en s'abaissant, ils déterminent des variations dans la pression atmosphérique. Les montées et les descentes du mercure dans le tube du baromètre nous montrent, sur une petite échelle, la fluctuation des immenses vagues aériennes. Rien ne se passe dans ce vaste océan gazeux, à toutes les hauteurs, sous toutes les latitudes, que le docile appareil ne le constate aussitôt. Lorsque le télégraphe nous apporte instantanément les hauteurs du baromètre sur un certain nombre de points de l'Europe, nous pouvons presque tracer une carte aérienne comme on trace les cartes marines, avec l'indication des courants et la marche des nuages.

C'est donc parce qu'il est en relation avec les vents, que le baromètre est en relation avec les changements de temps, car les vents sont la principale cause de ces changements. Les vents peuvent être secs ou humides, chauds ou froids, suivant la nature des régions qu'ils auront traversées. Vont-ils de l'équateur aux pôles, ils sont chauds; au contraire, vont-ils d'un pôle à l'équateur, ils sont froids. Ont-ils passé au-dessus des mers, ils ont balayé la vapeur d'eau qui s'y trouve et l'ont emportée avec eux: ils sont donc humides. C'est ce qui arrive, par exemple, en France, pour les vents qui viennent de la Méditerranée ou de l'Océan. Mais si le nord-est souffle, il a traversé les plaines de l'Allemagne, il a eu le temps de déposer la vapeur qu'il pouvait renfermer, il nous arrive sec, chasse devant lui les nuages et nettoie le ciel.

Le même vent peut d'ailleurs être chaud et humide, celui du midi, par exemple, ou froid et sec, comme le nord-est. Mais il peut aussi être chaud et sec, ou froid et humide. Le vent influera donc de deux manières sur l'état de l'atmosphère par sa température et par son état de sécheresse ou d'humidité.

Le vent du sud, chaud et humide pour la France, en élevant la température, déterminera des courants ascendants et par la suite la baisse du baromètre ; en apportant de la vapeur, il pourra amener la pluie. Ainsi la baisse du baromètre pourra concorder avec la pluie.

Le vent du nord-est, froid et sec pour la France, en abaissant la température, déterminera des courants descendants et par suite la hausse du baromètre ; en chassant les vapeurs, il amènera le beau temps. Dans ce cas encore, la hausse concordera avec le beau temps.

Mais il en est tout autrement, pour la France bien entendu, des vents compris entre l'ouest et le nord. En effet, ces vents, étant à la fois froids et humides, le baromètre montera et indiquera le beau temps, tandis que nous serons menacés de la pluie. Le baromètre ne sera plus exact si le vent est à la fois chaud et sec, puisqu'il baissera alors par un beau temps.

Ainsi, en France, le baromètre aura le plus souvent raison, parce que généralement les vents qui soufflent en France sont en même temps froids et secs, chauds et humides, c'est-à-dire que les ascensions ou dépressions du mercure seront le plus souvent en rapport avec les indications du temps. Cependant il ne faudra ajouter foi aux indications

qu'autant que les variations du niveau seront lentes et progressives. Les oscillations brusques et instantanées offriront moins de certitude.

Si l'on veut ajouter à la probabilité des prédictions, on ne devra pas se contenter de l'observation du baromètre; il faudra consulter l'hygromètre et le thermomètre, noter la direction du vent, observer si le ciel est pur ou nuageux.

On voit maintenant qu'on a tort de s'en rapporter aveuglément au baromètre, et qu'on n'a pas moins tort de s'en prendre à lui de ses prétendues erreurs. Notre conclusion, c'est qu'il faut consulter le baromètre, mais compléter ses indications par celles de l'expérience vulgaire, fondées sur les apparences du ciel et les habitudes des animaux, lesquelles ne sont pas à dédaigner. N'oublions donc point les vieux dictons de nos campagnes :

Rouge le matin, fait aller l'eau au moulin.
Rouge le soir, beau temps, espoir.
Rouge le soir, blanc le matin,
C'est la journée du pèlerin.

II

LA GOUTTE D'EAU

§ 1

Vous êtes-vous jamais demandé d'où venait l'eau que vous buvez? Elle a fait bien des voyages avant d'arriver dans votre verre. Tour à tour vapeur, rosée, neige, glace, nuage ou pluie.

Elle s'est élevée dans les airs, sortant du sein des mers, et, ballottée par les vents, est venue au-dessus des continents. C'était par un beau jour d'été. Libre dans l'air qui lui ouvrait des abris dans ses milliers de *pores,* elle courait et se jouait en le traversant.

La chaleur ayant dilaté les pores de l'air, elle

trouvait d'autant plus de place pour s'y loger ; aussi l'*évaporation* était-elle active.

Comme il régnait un léger vent sur la surface de l'eau, les couches d'air se renouvelaient, et, emportant chacune à tour de rôle toute la vapeur que pouvaient contenir leurs pores, elles favorisaient l'évaporation.

Mais les gouttes de l'intérieur ne pouvaient s'échapper, celles de la surface seules se détachaient de leurs compagnes. Ah ! si la surface eût été plus étendue et l'eau moins profonde, il y aurait eu une plus grande quantité de vapeur.

Les gouttes ne se séparaient pas seulement des autres gouttes, mais encore d'autres corps, leurs intimes, qui se mêlent à elles, se dissimulent si bien qu'on ne les soupçonne pas dans l'eau. Nous disons de ces corps, qu'ils sont dissous. Aussi, plus il y a de ces corps, plus l'évaporation est difficile.

A mesure qu'elle s'élevait, la goutte trouvait plus de place, l'air était plus léger, plus rare, les vides plus grands.

Le froid de la nuit est venu, elle a été saisie en touchant la terre, et, tantôt sur les fleurs, tantôt sur l'herbe du chemin, elle s'est déposée en gouttelettes, véritables perles de la plus belle eau. C'était la *rosée*.

Le végétal, desséché par la chaleur du jour, l'a reçue avec joie ; c'était pour lui une *rosée céleste*, une *rosée de bénédiction*. Combien de fois, faute de pluie, la terre se contente de rosée ! Voyez aussi comme la rosée est abondante dans les pays chauds ! Quelle pureté, quelle limpidité dans ses myriades de gouttes ! C'est une pluie de diamants aux pre-

miers rayons du soleil, et, si vous regardez de plus près, vous verrez dans chacune un arc-en-ciel.

Puis la chaleur l'a de nouveau dilatée et évaporée, elle est remontée dans l'atmospère se baigner de lumière. D'abord *invisible*, elle est bientôt devenue *vapeur visible* ou *nuage*. Quelquefois elle avait peine à s'élever, malgré les efforts de la chaleur solaire; elle est souvent restée à ramper dans la vallée, sous forme de nuage *brouillard*. Mais, quand, réchauffée, épanouie, dilatée, elle s'est élevée comme un petit ballon, elle a gagné les hautes régions, que de fois elle a vu lever le soleil! N'eût-on pas dit alors un nuage de feu?

Dans la pleine lumière, le nuage a blanchi. Que de formes bizarres n'a-t-il pas revêtues alors? Tantôt arrondi, d'une éclatante blancheur, ressortant sur le fond bleu, c'était le *cumulus*, la *balle de coton* des marins, le compagnon des beaux jours.

D'autres fois, perdu dans les hauteurs, vers six mille mètres environ, déchiré en lambeaux par la violence des vents, c'était le *cirrus*, la *queue de cheval*, le précurseur des changements de temps. Ce jour-là, la goutte d'eau s'était cristallisée, grâce au froid des hautes régions; le *cirrus* est un nuage de particules glacées où la lumière s'irise en se jouant.

Un jour, il s'est vêtu de gris, le ciel était en deuil, le soleil se cachait; c'était le *nimbus*. Quand, par de chaudes journées d'été, le nuage s'est électrisé par l'embrasement universel, on l'a vu s'épaissir, passer du blanc au gris et au noir. Il portait la foudre dans ses flancs. L'éclair l'a sillonné, le

tonnerre a grondé, et, à chaque choc, de son sein entr'ouvert, un torrent a coulé.

L'avez-vous vu, vers le coucher du soleil, s'allonger en bandes étroites à l'horizon, se colorer des tons les plus vifs et les plus variés? C'est le *stratus*. Lorsqu'il est de feu, l'air est sec, c'est le prélude du beau temps; lorsqu'il est vert, jaune, gris, l'air est humide, gare l'eau!

Comment s'y prendre mieux pour arroser les terres? Comment porter l'eau des mers aux continents? Les inondations de la mer eussent tout ravagé, tandis que l'eau, transformée en nuages, portée par les vents, tombe en pluies fécondes pour le sol qui les reçoit.

Si l'air pouvait contenir une quantité quelconque de vapeur, il ne pleuvrait jamais; mais il n'en est rien. Ses pores sont comme des poches qu'il emplit, mais qu'il ne saurait emplir deux fois. Une fois *saturé*, c'est-à-dire contenant tout ce qu'il peut contenir, l'excès tombe en eau. Plus il est chaud, plus sont amples ses poches, plus il demande de vapeurs pour se saturer. Si, ayant ses pores comblés, il va d'un lieu chaud dans un autre moins chaud, ses pores se resserrent et il pleut.

Suivez les gouttes qui tombent, voyez le blé germer, l'herbe pousser, les rosiers fleurir; c'est l'œuvre de la goutte d'eau. Elle a dissous certaines substances du sol et a permis aux racines de les boire. Elle s'est transformée plus d'une fois en parcourant les vaisseaux du végétal. Elle a couru dans la sève comme dans votre sang, lorsque vous l'avez bue.

Le végétal n'est pas privilégié.

Lorsque la journée a été accablante, la goutte d'eau a été la bienvenue : elle a rafraîchi l'air, abattu la poussière et entraîné dans sa chute les impuretés de l'air.

Bientôt après, s'infiltrant doucement dans le sol, elle a gagné les couches d'argile, couches imperméables qu'elle ne peut traverser. Là, elle a séjourné jusqu'à ce qu'une fissure lui permît de revenir à la lumière. Alors elle a gazouillé dans le ruisseau avec ses compagnes, elle a murmuré en contournant les roches ; elle était fraîche, elle était pure, transparente ainsi qu'aux plus beaux jours.

Ma commère la carpe y faisait mille tours.

Elle a couru sur la lisière du bois, au milieu des grandes herbes, jusqu'à la rivière voisine. Toutes ces petites voix, en nombre infini comme celles de la foule, sont devenues le bruit du fleuve, et l'eau est ainsi revenue à la mer d'où elle était partie.

Tous les fleuves vont en la mer, et la mer n'en est point remplie; les fleuves retournent au lieu d'où ils étaient partis, pour revenir en la mer.

(*L'Ecclésiaste.*)

§ 2

Une fois dans le grand bassin, elle ne s'est pas reposée, car les eaux de la mer ne sont pas immobiles, loin de là.

Chaque jour, sur le point du globe en regard de la lune, la mer s'élève, se ramasse, forme une véritable colline avec les eaux qui affluent de toutes parts vers ce point. Tout autour de l'humide colline et au loin, les eaux se sont abaissées ou ont abandonné leurs rivages. La mer s'élance vers la lune qui l'appelle sans parvenir à rompre la chaîne qui la tient attachée à la terre :

> Comme un ours à la chaîne,
> Toujours sous tes yeux bleus
> Se traîne
> L'Océan montueux (1).

Il se peut que nous ne voyions pas la lune; que des nuages nous la cachent ou qu'elle soit *nouvelle ;* les eaux, toujours dociles, toujours soumises à sa mystérieuse attraction, la suivent sans la voir et recommencent sans cesse leur ascension impuissante.

La lune a passé, la montagne humide s'écroule, mais pour aller se reformer plus loin. La mer revient vers les rivages abandonnés auparavant : c'est le reflux.

Le phénomène est double : ce qui se passe sur l'hémisphère terrestre en regard de la lune, se passe également sur l'hémisphère opposé. Pendant que d'un côté la mer s'élève au-dessus de son propre fond, sur le point diamétralement opposé, c'est le fond qui semble s'éloigner de la mer. Le résultat est le même, et le flux et le reflux se suivent, non à douze heures, mais à six heures d'intervalle, car la terre présente successivement tous ses points à la

(1) Musset, la *Ballade à la Lune.*

lune pendant les vingt-quatre heures que dure sa rotation.

La lune n'est pas seule à agir; il y a le soleil; bien que celui-ci soit environ 70 *millions de fois plus gros* qu'elle, et 30 *millions de fois plus lourd*, comme il est *quatre cents fois* plus éloigné de nous, il s'ensuit que son action n'est guère que *la moitié* de celle de la lune.

A la nouvelle et à la pleine lune, le soleil et la lune agissent de concert : les marées sont plus hautes. Au premier et au dernier quartier, c'est l'inverse : les marées sont plus basses.

Le soleil, la lune et la terre ne restent pas à la même distance les uns des autres; leurs positions relatives ne sont pas les mêmes aux diverses époques de l'année. De là les variations dans l'intensité des marées.

Tant que la mer trouve un vaste champ pour ses ébats, elle est douce, ses lames s'étalent librement. Mais vienne un obstacle!... Avez-vous remarqué, vers le soir, la rentrée des moutons à l'étable? D'abord, le troupeau marche en rangs pressés, hâtant le pas devant les chiens vigilants qui le harcèlent. Arrivés à la porte, les moutons veulent entrer tous à la fois, et, dans leur élan, ceux de derrière montent sur le dos de ceux qui les précèdent.

Ainsi les eaux, resserrées dans ces étroits passages qu'on nomme des détroits, s'accumulent, se pressent, s'élèvent couches sur couches jusqu'à de grandes hauteurs relatives. Aussi, tandis qu'en liberté sur l'immense plaine des océans leur élévation ne serait que de *cinquante centimètres* par l'ac-

tion de la lune seule, de *soixante-quinze* par celle de la lune et du soleil combinés, on voit dans la Manche, par exemple, la mer monter de dix à quinze mètres.

A l'embouchure des fleuves, une lutte s'établit entre les eaux du fleuve et celles de la mer. Le fleuve est refoulé vers sa source, la mer le chasse dans l'intérieur des terres. Une *barre*, un *mascaret*, un barrage liquide formé par la mer arrêtent l'écoulement des eaux du fleuve, qui remonte son cours jusqu'à une certaine distance et se déverse sur ses rives qu'il ronge. La barre s'annonce par un bruit sourd qu'on entend à la distance de plusieurs lieues. Elle est d'autant plus violente que le fleuve est plus resserré. C'est surtout à l'embouchure des grands fleuves américains que le phénomène atteint des proportions gigantesques : une véritable colline liquide remonte le fleuve avec un bruit terrible et inonde les terres voisines sur une vaste étendue.

La Méditerranée, la mer Caspienne, les lacs offrent trop peu d'eau et trop peu de surface à l'action des astres, les frottements sont d'ailleurs considérables et les marées y sont faibles ou insensibles.

§ 3

La goutte d'eau n'a pas seulement obéi à la Lune et au Soleil ; elle a couru dans ces fleuves immen-

ses qui sillonnent la mer en tous sens, et dont les eaux coulent entre des rives liquides, sans qu'aucun mélange s'opère entre elles et celles qui les bordent.

Ces courants puissants se manifestent à la surface aussi bien que dans les profondeurs, quelquefois se superposant et marchant alors en sens contraire. Ainsi, à Gibraltar, un courant de fond amène les eaux de l'Atlantique dans la Méditerranée, et rend à cette mer ce qu'elle perd par une évaporation très-active. Cette mer perd, en effet, trois fois plus d'eau qu'elle n'en reçoit des fleuves qui se jettent dans son sein, et, sans le courant, elle se dessécherait promptement. De même, les eaux de l'Océan indien réparent constamment les pertes qu'éprouve la mer Rouge sous l'action d'un soleil ardent, il existe deux courants, un de surface qui transporte les eaux vers le fond du golfe, un de fond qui les ramène vers l'océan Indien.

Entre l'Europe et l'Amérique coule le *courant du golfe ;* à l'équateur, le *courant équatorial ;* au Japon, le *courant noir*, etc.

Il est assez facile de reconnaître les courants de surface; les corps flottants rejetés par la mer nous renseignent sur la route qu'ils ont parcourue; quant aux courants de fond, le hasard les fait quelquefois découvrir.

Une autre fois, c'est l'expérience qui décide : Un marin laisse couler un seau avec un boulet et des matériaux offrant beaucoup de surface, et aussitôt son embarcation change de direction : un courant sous-marin entraînait le seau, qui, à son tour,

emportait l'embarcation à laquelle il était attaché.

Les habitants des îles Aléoutiennes n'ont d'autres bois de construction que ceux qui sont amenés par les courants de la Chine et du Japon.

Enfin, des bouteilles vides, hermétiquement bouchées, sont jetées à la mer, en divers lieux, à diverses époques ; les courants les entraînent, et l'hydrographe reçoit de ces témoins muets des renseignements sur les routes qu'ils ont suivies.

Des causes très-diverses dont la principale est la chaleur, produisent les courants de la mer. Sous la zone torride, l'évaporation est plus active et l'eau plus légère qu'aux pôles ; de là des courants dirigés du pôle à l'équateur et de l'équateur aux pôles, mais dont les directions, l'étendue, la vitesse sont modifiées par des causes diverses, telles que l'immense étendue des eaux dans les deux hémisphères, les contours des continents et la configuration des côtes, les inégalités de fond des mers, et enfin le mouvement de la terre.

Nous ne pouvons décrire chaque courant en particulier ; il nous suffira de parler du plus connu : le *Gulf Stream*.

« Il est un fleuve au sein des mers, dit Maury ; dans les plus grandes sécheresses, jamais il ne tarit ; dans les plus grandes crues, jamais il ne déborde. Ses rives et son lit sont des couches d'eau froide entre lesquelles coulent à flots pressés ses eaux tièdes et bleues. Plus majestueux que le Mississipi, plus impétueux que l'Amazone, le volume de ses eaux est mille fois plus grand que celui de ces fleuves réunis. »

Le Gulf-Stream prend sa source dans le golfe du Mexique, sort par le détroit de la Floride, coule vers le nord, longeant la côte d'Amérique jusque sur les bancs de Terre-Neuve. Il se divise alors en plusieurs branches, dont les unes se dirigent vers la mer polaire, et dont la principale revient au sud, le long de la côte occidentale de l'Europe et de l'Afrique, pour retourner dans le voisinage de l'équateur, à son point de départ.

Sa largeur, à la source, est de quatorze lieues ; à son embouchure vers le nord, elle est de mille. Sa vitesse est de deux lieues à l'heure. Sa profondeur, d'abord de 300 mètres, atteint jusqu'à 1 kilomètre. Sa température est de 30 degrés ; il la conserve sensiblement jusqu'à son embouchure, malgré le froid de ses rives liquides.

Dans sa marche, il entoure une portion de l'Atlantique, qui devient le rendez-vous de tous les épaves, de tous les débris de la tempête, ainsi qu'on voit dans un bassin, où les eaux tourbillonnent, se rassembler au centre tous les corps qui flottent à la surface. Là, un certain nombre de plantes se développent et donnent à la mer l'aspect de vastes champs. C'est la *prairie de la mer* de Christophe Colomb, la *mer des Sargasses*. Un nombre immense de petits animaux marins transportés çà et là par les brises tièdes qui soufflent dans ces parages, habitent ces masses toujours verdoyantes.

Les effets de tous les courants sont les mêmes ; observons donc seulement ceux du Gulf-Stream. Ce courant porte ses eaux tièdes vers le nord et l'occident de l'Europe. Au-dessus de ses eaux, l'atmosphère

est réchauffée, et deux courants superposés : l'un d'eau, l'autre d'air, tempèrent le froid des contrées vers lesquelles ils se dirigent.

Aussi, un contraste frappant existe-t-il entre les côtes orientales et occidentales des contrées de l'Europe ; tandis qu'en Norwége et aux îles Shetland les premières sont couvertes de frimas, les autres sont parées des plantes des tropiques ; les germes sont apportés par le bienfaisant courant et se développent au sein de l'atmosphère attiédie qu'il entraîne. Le Gulf-Stream fait à lui seul les frais d'une vaste serre chaude : il apporte les graines et la chaleur.

Dans ses eaux tièdes, il retient en suspension des myriades d'animalcules microscopiques qui cheminent en légions innombrables emportés par ses flots; mais, lorsqu'il arrive au terme de sa course, le contact des eaux glacées du pôle porte la mort dans les rangs de cette multitude sous-marine qui tombe au fond de la mer.

De même, lorsque la neige tombe fine et serrée par un temps calme, on dirait un léger voile à demi transparent qui couvre la terre et permet de voir encore les ondulations du sol et ses teintes variées. Mais la neige tombe toujours, et bientôt tout est uniforme : plus de variété d'aspect, plus de distinction entre la prairie et la route. La couche toujours s'épaissit et atteint le feuillage des arbres et le toit des chaumières. On reste alors frappé des effets puissants que peut produire une cause faible mais persistante. Ainsi, la neige d'animalcules s'accumule depuis des milliers d'années et forme des couches épaisses au fond des eaux, comme celles que les

fouilles nous révèlent dans l'intérieur de la croûte terrestre et qui ont été formées de la même manière.

En même temps, les glaces détachées du pôle, emportant d'énormes fragments de roches arrachés au sol, entraînées par les courants venant des pôles, viennent fondre à la rencontre des eaux chaudes du Gulf-Stream. La glace fond, les roches tombent et s'enfouissent dans les débris des animalcules. Ainsi se sont formés et s'agrandissent les bancs de Terre-Neuve.

Enfin la lutte des eaux chaudes du Gulf-Stream et des courants du nord se reproduit à la surface entre les courants d'air chaud et d'air froid qu'entraînent ces courants, et il en résulte de violentes tempêtes.

Les courants tempèrent donc les rigueurs du froid dans les régions polaires. Ils forment au sein des mers une circulation incessante qui établit l'équilibre de la température dans la masse des eaux; ils sont, pour les navigateurs, des routes sûres qui abrègent la durée des voyages.

§ 4

La goutte d'eau n'a pas terminé ses pérégrinations; pour la seconde fois, elle est sortie des mers, et, transportée par les vents daus les régions supérieures de l'atmosphère, elle a subi un refroidissement assez vif, elle s'est solidifiée.

Quelques degrés d'abaissement dans la tempéra-

ture ont suffi : l'eau, d'ordinaire si mobile et si limpide, saisie par le froid s'est figée ; elle est devenue une masse solide légèrement transparente, la glace. Elle à qui toutes les formes sont indifférentes, qui se moule si facilement dans tous les vases qui la reçoivent, qui s'insinue dans tous les angles, qui comble toutes les cavités, cherchant un appui sur toutes les parois, sans consistance aucune, éparpillant ses nombreuses gouttes au moindre vent, la voilà solide, résistante, pouvant être taillée comme la pierre. Quelques degrés de moins ont suffi pour accomplir cette curieuse métamorphose.

L'eau a cristallisé, tout comme ces gemmes précieux qui forment, cela est convenu, les plus belles parures des femmes, — parures matérielles s'entend. — Ah ! gracieuses folles, sauvages de la civilisation ! vous avez raillé l'Iroquois qui accroche des anneaux à son nez et vous, vous n'avez pas hésité à suspendre des pendants à vos oreilles ; vous avez osé percer ce lobe aux contours si élégants ; brutalement vous avez enfoncé l'outil dans la chair, vous l'avez perforée pour y accrocher un morceau d'or ou de brillants cailloux comme un vêtement au portemanteau. Et votre oreille vous semble plus jolie, maintenant qu'elle est soi-disant ornée, que le lobe en est étiré et qu'elle est déformée. Vous avez engagé vos doigts dans des anneaux de métal, et votre main fine, élégante, allongée, souple dans ses mouvements, légère et douce dans sa pression, votre main n'a plus de forme, car les anneaux en détruisent les contours, en rompent les lignes harmonieuses, et si vous venez à toucher quelque objet,

aussitôt on entend le cliquetis de vos anneaux.

Quelles superbes parures on taillerait dans la glace si elle était moins froide à porter et si elle ne fondait pas. La Terre n'est-elle pas d'une beauté sereine sous son vêtement de neige. La blanche hermine elle-même tache ce manteau virginal.

N'avez-vous pas admiré ces arborescences cristallines que le froid fait naître sur vos vitres, inextricable réseau qui simule une forêt où les plantes entremêlent leurs panaches de feuilles. C'est la vapeur d'eau, répandue invisible dans l'air de nos appartements, qui est venue se fixer comme la rosée sur la vitre refroidie et qui n'a pu rester liquide, tant le froid était vif.

Et le givre diamanté s'attachant aux branches, aux rameaux, aux ramuscules, aux épines des arbres, aux aspérités de leur tronc, en un mot, à toutes les saillies.

Quelle variété d'aspect sous une même forme cristalline : glace, neige, givre, et cependant c'est toujours de l'eau cristallisée. Il n'y a pas là différence de nature, mais seulement changement d'*état*, d'où résulte un ensemble de qualités nouvelles. Un peu plus ou un peu moins de chaleur suffit pour opérer le passage de l'un à l'autre de ces états ; la facilité avec laquelle s'opère la transformation nous montre qu'il faut accorder peu d'importance à ce qu'on nomme l'état des corps. Et, en effet, l'eau reste toujours identique à elle-même sous ces divers aspects physiques : ce sont les mêmes molécules, dont la position relative seule varie. Tandis que, dans l'état liquide, elles roulent librement les unes sur les au-

tres comme des perles infiniment petites et d'un poli parfait, dans l'état solide, au contraire, elles sont soumises à des directions déterminées comme des perles embrochées dans de fines aiguilles.

Lorsque le minéral est ainsi parvenu à l'état de solide cristallisé, il a satisfait à toutes les conditions de la *vie minérale ;* les atomes se sont groupés en obéissant aux lois qui les régissent; ils se sont portés d'eux-mêmes les uns vers les autres pour réaliser un corps d'une régularité géométrique : le cristal. Le minéral nous apparaît alors avec une physionomie propre, caractéristique, qui permet de le distinguer parmi les minéraux aussi sûrement qu'un chêne parmi les végétaux et qu'un cheval parmi les animaux. C'est une vraie physionomie, car elle nous éclaire sur la constitution du cristal, car elle nous montre les analogies de nature chimique entre les corps qui présentent des similitudes de forme cristalline, tout comme la physionomie de l'homme révèle son caractère.

Lorsque l'eau est en masse dans le fleuve ou dans un vase, elle donne naissance à la glace en passant à l'état solide. Si, au contraire, elle est divisée en gouttes, celles-ci cristallisent séparément et forment la neige.

Chaque gouttelette d'eau donne naissance à une colonnette cristalline terminée à ses extrémités par de toutes petites pyramides. Ces cristaux ne restent pas isolés : ils se précipitent les uns sur les autres pour former des groupes étoilés. Tantôt six cristaux seulement se réunissent autour d'un centre commun, c'est l'étoile la plus simple; tantôt, et c'est

le cas le plus fréquent, les associations sont plus nombreuses. Sur les branches de la première étoile se disposent régulièrement des cristaux plus petits; sur ces derniers, d'autres plus petits encore. Ainsi, l'étoile de neige se complique de plus en plus; elle a des branches, des rameaux, des ramuscules dont les modes de groupement sont soumis invariablement à la même loi.

Ce ne sont pas des étoiles microscopiques; on peut les voir sans le secours d'aucun instrument, en les recueillant sur un corps noir, qui par le contraste, en fait nettement distinguer les contours. Scoresby, dans ses nombreux voyages dans les mers polaires, a eu occasion de constater un grand nombre de formes qui résultent de groupements, dans lesquels le nombre des cristaux élémentaires et le mode d'arrangement varient.

Tant que l'atmosphère est calme, les étoiles de neige offrent des arêtes nettes, des contours purs, des facettes unies; mais si l'air est agité, ces constructions fines et délicates se heurtent, et dès lors les arêtes sont émoussées, les angles tronqués, les rayons brisés. Les débris se soudent en masse plus ou moins considérables qui forment les *flocons*.

La goutte d'eau cristallisée a séjourné à diverses reprises sur les crêtes de toutes les hautes montagnes du globe, elle a couronné les sommets des Alpes, de l'Himalaya, des Andes, puis un jour elle a atteint les limites du monde habité, elle a fait partie des glaciers du Spitzberg.

Vous avez plus d'une fois jeté les yeux sur une carte géographique et remarqué, au nord, à la limite des

terres, à la limite du monde connu, pourrais-je dire, cette contrée qu'on nomme le Spitzberg (*montagne pointue*). On frémit rien qu'à la pensée des froids qui règnent dans ces régions, les dernières conquêtes de l'homme.

Mais vous n'avez jamais vu ce pays que sur la carte. Si vous osez vous aventurer dans ces parages, vous n'apercevrez de loin que les montagnes pointues, les nombreuses aiguilles de roches qui justifient bien le nom donné à ces îles.

En approchant davantage, vous reconnaîtrez que toutes les vallées sont envahies par des glaciers qui descendent jusque dans la mer. — Vous figurez-vous les glaciers des Alpes et des Pyrénées s'avançant jusque vers la Méditerranée!

Ce sont, en effet, les mêmes glaciers, plus étendus, plus persistants. Leur origine est la même : de la neige d'abord, qui forme une couche épaisse, qui s'entasse surtout dans les creux, dans les plaines, dans les vallées. En été, — et quel été! — cette neige fond, à la surface seulement, en petite quantité. Elle est à peine fondue, et voici qu'elle regèle, cette fois à l'état de glace en *grains* plus ou moins gros, puis ces grains se réunissent en masses compactes. Ces masses se fendent en de nombreux endroits et forment ces crevasses béantes, objets de la terreur et de la curiosité des voyageurs.

Le glacier n'est pas immobile : il glisse sur les versants, il se moule dans les anfractuosités; cette masse de glace, le croirait-on, est flexible et élastique.

A mesure que l'extrémité du glacier pénètre dans la mer, qui est relativement tiède, il fond. Des

blocs immenses, se détachant, tombent à la mer, disparaissent sous l'eau, reparaissent en tournant sur eux-mêmes, oscillent pendant quelques instants jusqu'à ce qu'ils aient pris leur position d'équilibre. Les voilà devenus des glaces flottantes.

A chaque marée, on assiste à l'écroulement des glaciers. Un bruit de tonnerre accompagne leur chute; la mer soulevée envahit le rivage, et, en se retirant, entraîne vers la pleine mer les débris énormes du glacier. Ces fragments dépassent le niveau de quatre à cinq mètres, mais ils plongent de vingt mètres au-dessous de ce même niveau.

Et, cependant, ce ne sont pas là les montagnes flottantes comme celles que rencontrent les navigateurs et qui pèsent jusqu'à vingt milliards de kilogrammes. Celles-là viennent de la baie de Baffin, où la mer n'est pas assez chaude pour fondre la glace, et où le glacier s'avance progressivement jusque bien avant dans la mer; alors la portion avancée se détache tout d'une pièce, gagne la pleine mer et présente de véritables pics dont la hauteur atteint et quelquefois dépasse la mâture des navires.

Ces masses glacées offrent un ravissant spectacle : des grottes, des monuments se balancent sur les eaux, et, se présentant sous des inclinaisons diverses, se colorent de toutes les nuances du bleu, depuis l'outre-mer foncé, jusqu'à l'azur le plus pâle.

Un jour permanent favorise la navigation dans ces régions pendant la *belle* saison. Mais le soleil ne s'élève que fort peu, même au plus haut de sa course; ses rayons pâles effleurent le sol et n'arrivent qu'à travers la brume.

Laissez-moi vous retenir un instant dans ces solitudes. Le croirait-on, des êtres organisés habitent ce sol ingrat. Partout où se trouve une pauvre petite place abritée et que la neige n'a point envahie, dans les fentes des rochers, sur les pentes exposées au midi, sous les grottes naturelles, on voit les petites mousses et les lichens gris. « Les derniers des végétaux couvrent la dernière des terres, » dit Linné.

Au pied des falaises habitées par les oiseaux marins, dont le guano active la végétation sur la terre qu'il échauffe, des renoncules, des cochléaria, des graminées s'élèvent à côté d'un pavot à fleurs jaunes qui végète au milieu des éboulements de roches. La plupart de ces plantes sont des enfants perdus de l'Europe méridionale, qui ont persisté depuis l'origine, malgré les froids, ou dont les graines, portées par les eaux et les vents, sont tombées dans le peu de bonne terre où elles pouvaient vivre misérablement.

Les animaux terrestres ne sont pas fort nombreux : l'ours blanc, le renard bleu dont la fourrure est si recherchée et auquel on fait une chasse très-active. Chaque année, de nombreuses bandes de serfs russes viennent passer l'hiver dans ces contrées désolées, à la poursuite du renard bleu. Mais le froid les poursuit à leur tour. De nombreuses croix plantées sur le rivage indiquent la place des dépouilles.

Le renne sauvage, le cerf du nord s'aventurent quelquefois en été jusque dans ces solitudes, et trouvent sur les bords de la mer quelques rares touffes d'her-

bes. Pendant l'hiver, ils grattent la neige et découvrent des mousses et des lichens à peine suffisants pour leur nourriture.

La mer est plus peuplée que la terre. Les phoques, les morses, les chiens marins, des poissons, des mollusques, des crustacés, etc., animent les eaux et le rivage. Mais le spectacle le plus curieux, ce sont les *montagnes d'oiseaux*. Un grand nombre d'oiseaux qui habitent nos côtes pendant l'hiver vont pondre au Spitzberg, les uns sur les rivages, les autres dans les îles, la plupart sur les rochers. Ces rochers, disposés en gradins, offrent l'aspect de vastes cirques dont les spectateurs sont les oiseaux. Chaque femelle est accroupie sur son nid; les mâles forment un nuage volant et criard. C'est une agitation, un tourbillonnement, un bruit, un chœur étourdissant de voix diverses (1). . . . .

. . . .

La goutte d'eau fuyant ces rivages inhospitaliers est retournée à la mer; la montagne glacée dont elle faisait partie est venue se fondre au contact des eaux chaudes du Gulf-Stream.

Que de fois elle a recommencé ses voyages, que de fois, revenue dans notre verre, nous l'avons bue de nouveau. Elle est encore par voie et par chemin, et ne s'arrête que pour poser quelques instants sur les cimes élevées qu'elle couronne, où dans les entrailles du sol où elle repose silencieusement. Tant que le soleil animera la terre, la goutte d'eau ne s'arrêtera pas.

(1) Du Spitzberg au Sahara, par M. Martins.

III

LE CHAUD ET LE FROID

I. — Le Thermomètre.

— Qu'est-ce que le chaud, qu'est-ce que le froid? Les corps sont chauds quand ils sont plus chauds que nous ; ils sont froids dans le cas contraire. Il n'y a pas de corps sans chaleur; il n'y a que des corps plus ou moins chauds. L'absence totale de la chaleur, cela n'existe pas.

— Comment savoir, alors, si les corps sont plus ou moins chauds, car on ne saurait s'en fier à ses propres sensations?

— Assurément, il est impossible d'apprécier la chaleur par l'effet qu'elle produit sur nous, car nous la ressentons très-diversement, suivant l'état ou les dispositions où nous nous trouvons. Sommes-

nous malades ou à jeun, nous voilà devenus plus sensibles au froid; au contraire, sommes-nous en bonne santé, dispos, gais, avons-nous bien dormi ou bien dîné, nous résistons sans peine aux intempéries. Aussi les corps bruts seuls, qui ne sentent rien par eux-mêmes, peuvent être employés à mesurer la chaleur.

— Et par quoi juge-t-on qu'un corps est plus ou moins chaud? Sans doute, ce n'est pas l'augmentation de son poids?

—Non. Un corps ne change pas de poids en changeant de température; pour être plus chaud, il n'en est pas plus lourd. La chaleur n'est pas une matière qui s'introduit dans le corps, elle est le résultat d'un mouvement particulier des molécules qu'on peut nommer les vibrations calorifiques.

Un corps dont la température s'élève, n'augmente pas plus de poids qu'une corde de violon que l'on fait résonner. Les molécules peuvent être plus ou moins agitées, cela ne change rien à leur poids. La balance ne saurait servir donc à évaluer la chaleur.

— Quel effet produit donc la chaleur sur les corps?

— D'abord, elle les dilate, puis elle les fond, enfin, elle les vaporise. En réalité, c'est la continuation du même effet; elle écarte les molécules, les éloigne les unes des autres ou agrandit les pores. De là résulte la dilatation, la fusion, la vaporisation.

Voulez-vous des exemples?

Ne savez-vous pas que l'eau déborde d'une bouilloire complétement remplie, lorsqu'on vient à la chauffer; elle s'est *dilatée*.

Pour ouvrir un flacon dont le bouchon de verre est trop adhérent, on chauffe légèrement le goulot; celui-ci se dilate avant que la chaleur ait atteint le bouchon, de sorte que le goulot devenant plus large sans que la grosseur du bouchon ait varié, ce dernier peut être facilement dégagé.

Tous les corps se dilatent, quel que soit leur état, c'est-à-dire qu'ils soient solides, liquides ou gazeux. Mais s'il s'agit d'un corps solide, en même temps qu'il se dilate, sa *solidité* diminue. Si l'on chauffe une barre de fer, par exemple, elle se ramollit et devient bientôt pâteuse et fluide. Cela est tout naturel : les molécules s'éloignant les unes des autres, elles sont moins fortement unies. Elles deviennent de plus en plus libres, jusqu'à ce qu'elles le soient tout à fait, en un mot, jusqu'à ce que le corps soit fondu.

Ainsi, non-seulement la chaleur dilate les corps, mais elle les fond.

Ce n'est pas tout.

L'eau d'une bouilloire mise sur le feu, non-seulement se dilate, mais en même temps elle se vaporise et elle finit même par disparaître complétement. De liquide qu'elle était, l'eau est devenue vapeur.

On peut donc dire que la chaleur vaporise les liquides.

De tous les effets produits par la chaleur, la dilatation est évidemment le plus apparent et le plus facile à observer, c'est donc celui qu'on choisit pour apprécier la chaleur. L'appareil dont on se sert alors est le *thermomètre*.



Lorsqu'il s'agit de faire un thermomètre, deux questions se posent tout d'abord : le choix du liquide, et le choix de l'enveloppe qui l'enfermera, car il n'est question que du thermomètre à liquide.

Le mercure seul réunit les conditions nécessaires.

— Je vois pourtant beaucoup de thermomètres à esprit-de-vin ou, plus exactement, à alcool.

— Il est vrai, mais ils manquent de précision et peuvent tout au plus fournir des indications suffisantes pour les usages ordinaires de la vie.

Le mercure ne se congèle que par un froid très-vif (40° au-dessous de zéro), ne bout qu'à une température élevée (360°); il est visible à travers le verre et ne le mouille pas; il émet peu de vapeurs; il se dilate uniformément, et on l'obtient facilement pur. Tels sont les avantages qui le font rechercher.

Quand le mercure est solidifié par le froid, alors seulement le thermomètre à alcool devient indispensable, ce liquide n'ayant pu être congelé par les plus grands froids.

Le verre, qui peut recevoir une forme quelconque, fournit une enveloppe sûre, transparente et légère. On adopte la forme la plus propre à rendre la dilatation très-apparente : celle d'un tube ayant à son extrémité un petit réservoir en forme de boule ou de cylindre.

Il s'agit maintenant de construire le thermomètre, d'introduire le mercure dans le tube. Celui-ci est trop étroit pour qu'on puisse verser directement le liquide; il faut s'y prendre d'une autre manière. On commence par chauffer le tube, afin de chasser

au moins en partie l'air qu'il contient; aussitôt après, on plonge l'extrémité opposée à la boule dans le mercure et, à mesure que le refroidissement s'opère, on voit le mercure s'élever peu à peu dans le tube. En répétant cette opération, on achève le remplissage. Puis on ferme le tube en faisant fondre le verre à l'extrémité ouverte. L'appareil est construit, il faut le graduer.

— Comment peut-on comparer les températures de deux pays avec deux thermomètres différents, si les degrés de ces thermomètres ne sont pas les mêmes ?

— Regardez les divers thermomètres exposés dans les rues de Paris, ils ne sont pas de la même taille et les degrés n'ont pas la même étendue ; cela n'empêche pas que, placés dans les mêmes circonstances, ils indiquent sensiblement la même température.

— Comment peut-il en être ainsi?

— C'est bien simple : il y a deux points de divisions que l'on obtient sans peine et qui sont les mêmes pour tous les thermomètres. C'est le point où il y a *zéro* et celui où nous mettons *cent* ou *quatre-vingts*.

—Je comprends ; le point de départ *zéro* signifie : pas de chaleur du tout.

— Bien des gens le croient, et de là vient la distinction vicieuse de *degrés de chaleur* et de *degrés de froid*. Il eût bien mieux valu mettre *cent* où l'on met zéro, et *deux cents* où l'on met cent. Il n'y avait pas alors d'erreur possible, tous les degrés eussent été ce qu'ils doivent être, c'est-à-dire des degrés de



chaleur. Je crois vous l'avoir dit, il n'y a de chaud et de froid que pour les êtres animés; mais il y a de la chaleur dans tous les corps, même dans la glace.

— De la chaleur dans la glace?

— Certainement. Croyez-vous donc que si le thermomètre indique vingt degrés au-dessous de zéro, la glace ne sera pas plus froide que lorsqu'il indique dix degrés au-dessous de zéro. Au lieu de dire : de la glace plus ou moins froide, il serait plus exact de dire : de la glace plus ou moins chaude.

Le point zéro s'obtient avec de la glace *fondante* et non avec de la glace plus ou moins froide. Il faut prendre de la glace, la piler grossièrement, la mettre dans un vase percé au fond comme une écumoire, pour que l'eau puisse s'écouler à mesure que la glace fond. On y introduit le thermomètre, le mercure descend, puis s'arrête. Une fois arrêté, vous ne le verrez plus bouger que toute la glace ne soit fondue.

— Même en approchant la glace du feu!

— Oui. En approchant la glace du feu, vous ne ferez que hâter sa fusion; quant au thermomètre, il est impassible.

— Où passe donc la chaleur?

— La chaleur est employée à fondre la glace, et tant qu'il y a de la glace à fondre, elle ne fait pas autre chose. Elle n'échauffera le thermomètre que lorsque toute la glace sera fondue.

Prenez de la glace fondante; mettez plusieurs thermomètres dans cette glace; marquez le point où s'arrête le mercure; puis transportez-les dans n'importe

quel pays, à Pékin, à New-York, à Saint- Pétersbourg, et remettez-les chaque fois dans de la glace fondante, le mercure reviendra toujours au même point.

Vous comprenez, après ces renseignements, que si la température de Saint-Pétersbourg est zéro et celle de New-York, zéro, on est sûr que la température est bien la même dans ces deux villes.

Un point ne suffit pas; il en faut un autre. On l'obtient en prenant de l'eau pure, que l'on fait bouillir dans un vase métallique, et pendant qu'elle bout, on suspend le thermomètre au-dessus. Le mercure monte et finit par s'arrêter en un point où il reste pendant toute la durée de l'ébullition.

C'est en ce point que l'on marque *cent*, si l'on adopte la graduation *centigrade*, et *quatre-vingts* si l'on choisit la graduation *Réaumur*. On pourrait mettre tout autre nombre, cela n'a pas d'importance.

Ce second point est aussi invariable que le zéro.

En Amérique et en Angleterre, on emploie une graduation bizarre que rien ne saurait justifier. On marque *trente-deux* où nous mettons zéro et *deux cent douze* où nous mettons cent. N'allez pas croire que ce mode de graduation ne comporte pas de degrés au-dessous de zéro : il est facile de s'assurer que les 32° sont insuffisants, car ils ne valent que 18° centigrades environ.

Vous voyez que *cent degrés centigrades valent quatre-vingts degrés Réaumur et cent quatre-vingts degrés Fahrenheit*. Ne soyez plus surpris maintenant quand vous verrez qu'à Boston la température a été de 86°. Déduisez-en d'abord 32, il n'en reste que 54,

et ces 54 eux-mêmes n'en valent que 30 des nôtres. Ces petits caluls sont à la portée de tout le monde. Je n'insiste donc pas.

Je crois devoir, avant de terminer, vous prévenir contre une erreur bien naturelle. On croit assez volontiers qu'il fait deux fois plus chaud quand le thermomètre indique vingt degrés que lorsqu'il en indique dix. Il n'en est rien. Sans doute, il fait d'autant plus chaud que le mercure est monté plus haut; mais le mercure ne monte pas deux fois plus pour deux fois plus de chaleur.

II. — Au coin du feu.

On ne saurait assez dire aux gens que *de tous les moyens de se tenir chaudement le meilleur est un bon vêtement*. C'est une vérité que nous allons démontrer tout à l'heure.

Rarement, les procédés de chauffage ordinairement employés remplissent convenablement leur but.

S'agit-il de la cheminée? Chacun a fait cette expérience qu'on s'y chauffe trop ou trop peu, trop d'un côté du corps et pas assez de l'autre.

En outre, la plus grande partie de la chaleur du foyer s'en va par le tuyau de la cheminée, et c'est à peine si dans la chambre *on en recueille les six pour cent quand on brûle du bois, et de douze à quinze*

pour cent avec le charbon. Nous parlons, bien entendu, des cheminées ordinaires.

Ajoutons, en passant, que *la flamme rayonne moins de chaleur que la braise,* et, par conséquent, qu'il est bon de mettre la braise à découvert. Ceux qui brûlent du coke peuvent observer combien ce charbon sans flamme a de pouvoir rayonnant.

Si le chauffage à la cheminée ne constitue pas un procédé économique, en revanche, il est excellent pour ventiler les appartements et pour s'entretenir les pieds chauds tout en laissant la tête fraîche. Enfin, on peut voir la flamme pétillante et vive qui anime le foyer. D'où il suit que *le chauffage par la cheminée est tout à la fois sain et agréable.*

A propos de chauffage, il nous revient en mémoire ce passage de Saint-Simon, où il raconte que pour travailler à son aise pendant les grands froids, Louis XIV faisait monter une boîte de carrosse dans son cabinet et s'enfermait dans cette boîte qui lui servait de cabinet plus intime. « Le grand roi, dans ses im-
» menses salons souffrait du froid et s'enveloppait de
» paravents au coin d'une cheminée dans laquelle
» disparaissait le bois d'une forêt. Madame de Main-
» tenon, assise à l'autre coin, devait se couvrir de
» fourrures et s'abriter dans une petite niche porta-
» tive qui ressemblait assez au *tonneau* des reven-
» deuses. »

Il y a toute une leçon de physique à faire au coin de la cheminée. Ce qu'on nomme le *tirage* est le résultat de la dilatation de l'air par la chaleur. En effet, la couche d'air placée au-dessus du foyer s'échauffe, se dilate, devient ainsi plus légère et s'élève,

une autre la remplace et s'élève à son tour. Un véritable ruisseau ou courant d'air, coule du foyer vers le haut de la cheminée. Ainsi, l'air de la chambre s'en va peu à peu, et s'il ne vient pas d'air du dehors pour combler le vide, le courant s'arrête et remonte vers sa source : en un mot, la cheminée fume.

— Mais comment faire arriver de l'air dans la chambre? On ne saurait compter sur les ouvertures accidentelles, sur les croisées ou sur les portes qui ferment mal.

Il faut donc amener l'air à l'aide d'un tuyau qui, par un bout, communique avec le dehors, et par l'autre bout avec la chambre. Ayez soin seulement que le tuyau circule autour du foyer, afin que l'air du dehors s'échauffe avant de vous arriver.

Ce n'est pas un vain ornement que l'encadrement en laiton ou en porcelaine de la cheminée, mais bien un moyen de renvoyer par rayonnement une partie de la chaleur dans la pièce. *Les corps réfléchissent d'autant mieux la chaleur qu'ils sont plus blancs et plus polis.*

Quand, placé en face du feu, vous vous servez d'un écran pour garantir votre visage du rayonnement, vous démontrez que *la chaleur rayonnante se propage en ligne droite;* car le feu, l'écran et le visage sont dans une même direction rectiligne.

Si vous vous éloignez du feu, vous sentez que son intensité diminue à mesure que la distance augmente. *A deux mètres, la chaleur est quatre fois moins intense qu'à un mètre, à trois mètres, neuf fois moins*, etc.

La chaleur est-elle trop forte en face? Mettez-vous

sur les côtés de la cheminée ; *plus les rayons sont obliques, moins ils sont chauds*. Cela explique comment un boulet rouge ne chauffe pas plus qu'un disque rouge de même grandeur, et le soleil pas plus que s'il était plat, bien qu'il soit sphérique.

Nous ne vanterons pas la gaîté du chauffage au poêle, chauffage obscur, feu sans flamme, plus économique, il est vrai, que celui de la cheminée. *On peut, en effet, utiliser* toute ou *à peu près toute la chaleur du foyer avec des tuyaux assez longs ;* on ne laissera ainsi sortir la fumée qu'après qu'elle aura vidé aux trois quarts son sac de chaleur; mais à quel prix! — Restez quelque temps dans une pièce où il y a un poêle de fonte, et vous aurez le mal de tête et la gorge en feu. — Le mal de tête vient du défaut d'air, de la chaleur excessive et des odeurs que dégagent la fonte ou la tôle. — La gorge est desséchée, parce que l'*air absorbe d'autant plus de vapeur qu'il est plus chaud*.

Chaque bouffée d'air que vous respirez dessèche vos poumons, votre gorge et votre palais au moins en partie. Aussi a-t-on la bonne précaution de mettre sur les poêles un vase plein d'eau, pour fournir de la vapeur à l'air de la pièce. Il y aurait une précaution bien meilleure à prendre, ce serait de supprimer ce mode de chauffage.

Ce qui séduit dans le poêle, c'est la quantité de chaleur produite à peu de frais. C'est là *ce qu'on voit ;* mais *ce qu'on ne voit pas*, c'est ce qu'on dépense chez le pharmacien et le médecin pour combattre les rhumes et les autres affections de poitrine causées par le poêle. D'où il résulte que ce qu'on éco-

nomise en charbon on le dépense en remèdes.

. Les poêles revêtus de faïence sont préférables aux poêles de fonte; ils chauffent moins, mais ils chauffent mieux. La chaleur passe péniblement à travers la faïence et la quitte difficilement; *les corps émettent d'autant moins de chaleur que leur couleur est plus claire, leur surface plus polie.*

Aussi met-on le thé, le café, le chocolat dans des vases blancs et brillants, tantôt en argent, tantôt en porcelaine, tantôt en métal dit *anglais.* Si la cafetière ou la théière était de couleur sombre et si la surface en était rugueuse, le café et le thé ne resteraient pas longtemps chauds. Ajoutons que la porcelaine est rangée parmi les *mauvais conducteurs* de la chaleur, c'est-à-dire *ceux que la chaleur traverse difficilement.* On voit par là que le poêle de faïence a cela de bon, qu'il laisse passer peu de chaleur à la fois et se refroidit lentement. Le poêle de fonte, au contraire, laisse passer tout d'un coup une grande quantité de chaleur et se refroidit rapidement.

Un grand nombre de poêles présentent d'heureuses modifications à la forme primitive, qui permettent d'éviter, au moins en partie, les fâcheux effets dont nous venons de parler. Les *cheminées-poêles* ou *cheminées à la prussienne* sont une sorte de moyen terme entre la cheminée et le poêle.

Lorsqu'il s'agit du chauffage de vastes établissements publics ou particuliers, on emploie avec avantage les calorifères à air chaud. On établit dans les caves des sortes de poêles ou plutôt de fourneaux où l'air, venu de l'extérieur, s'échauffe,

puis se répand dans les diverses parties de l'établissement. Enfin, l'eau chaude et la vapeur d'eau sont utilisées dans des circonstances analogues avec plus ou moins d'avantages; mais nous ne saurions insister sur ce point sans nous écarter de notre but, qui est de prouver qu'un bon vêtement vaut mieux qu'un bon foyer, qu'il rend plus de services et qu'il est plus sain.

Qu'est-ce, d'ailleurs, que notre corps, sinon un foyer, un fourneau où l'on brûle le charbon des aliments et où se produit une température sensiblement uniforme de 36°?

Il est facile de vérifier que les aliments renferment du charbon ou du *carbone*, c'est-à-dire du charbon pur. — Si on laisse brûler le rôti, qu'obtient-on? du charbon. — Les fruits, le pain brûlés laissent un résidu charbonneux. — Tout ce qui a une origine végétale, renferme tout naturellement du charbon, puisque le charbon vient du bois. — L'esprit de vin ou l'alcool, qui vient du vin, lequel vient du raisin, a évidemment une origine végétale et se décompose, pendant la combustion, en gaz carbonés.

Mangez du pain, de la chair, des fruits, des légumes, buvez du vin ou de l'eau-de-vie, vous introduirez dans votre corps une certaine quantité de carbone; tantôt plus, tantôt moins, suivant les aliments. Le vin, les liqueurs peuvent être considérés comme plus carbonés que les autres aliments.

C'est là le carbone qui, en brûlant, produit la plus grande partie de la chaleur de notre corps.

Aussi les habitants des pays chauds sont-ils natu-

rellement sobres et absorbent-ils peu d'aliments carbonés, tandis que les septentrionaux mangent beaucoup et boivent encore mieux pour entretenir leur feu et résister aux intempéries.

Pour brûler ce carbone, l'air du dehors pénètre dans le corps par la bouche, la trachée, les bronches et les poumons. De là vient que *plus la respiration est active, plus la chaleur est grande et plus le sang est riche ; plus la circulation du sang est rapide dans une partie du corps, plus la chaleur y est grande*. Ainsi, le tronc est plus chaud que les membres ; ceux-ci plus chauds dans le voisinage du tronc qu'à leurs extrémités ; aussi le froid se fait-il sentir d'abord aux extrémités des membres.

Enfin, si le carbone est ingéré en quantité trop grande, il se combine avec l'hydrogène et forme la graisse qui constitue, à cet état, un véritable entrepôt de combustible.

Nous avons surtout parlé du carbone à propos de la combustion qui s'opère dans le corps, parce que nous voulions continuer notre comparaison du corps à un fourneau. Pour rester dans la vérité, hâtons-nous de dire qu'une certaine quantité de vapeur d'eau est produite dans l'acte de la respiration, comme le prouve le petit nuage qui sort de la bouche à chaque expiration. Enfin, les nerfs jouent un rôle dans la production de la chaleur chez les animaux supérieurs.

C'est par la chaleur produite en notre corps d'une manière continue, que nous pouvons conserver notre température intérieure constante pendant l'hiver. Aussi, sommes-nous rangés parmi les ani-

maux à sang chaud. Si, au lieu de 36°, notre corps se trouvait à une température notablement inférieure, notre température varierait avec les saisons, et en hiver nous serions plongés dans une sorte de léthargie, comme les marmottes.

Maintenant qu'il est établi que nous avons en nous de la chaleur, que cette chaleur n'est ni trop forte ni faible, mais juste ce qu'elle doit être, il importe, non d'emprunter une chaleur artificielle, mais de conserver précieusement celle que nous possédons.

III. — Les Vêtements.

On est souvent étonné d'apprendre que les habitants des pays chauds sont vêtus de tissus de laine, comme les habitants des pays froids. En y regardant de près, on voit que la laine est tout simplement un obstacle au passage de la chaleur.

Tandis qu'autour de l'Arabe, la température est beaucoup plus élevée que celle de son corps, autour de nous elle est plus basse. De sorte qu'il s'enveloppe de laine pour empêcher la chaleur extérieure d'entrer, comme nous pour empêcher la nôtre de sortir. *La chaleur marche difficilement dans la laine* ou, dans la langue des physiciens, la laine est un *mauvais conducteur* de la chaleur. Ajoutez que le vêtement de l'Arabe est blanc, et que la blancheur s'oppose à l'entrée des rayons solaires.

Lorsque, pendant l'été, on entoure la glace de flanelle pour qu'elle ne fonde pas, on ne fait qu'arrêter la chaleur extérieure et l'empêcher d'arriver jusqu'à la glace. C'est dans le même but qu'on recouvre les glacières de toitures de chaume; — qu'on enveloppe de paille les végétaux que l'on veut préserver des rigueurs de l'hiver; — qu'on recouvre de paille la pompe et la fontaine pour que l'eau ne gèle pas.

Toutes les substances tirées du règne végétal et du règne animal *conduisent* mal la chaleur, et c'est un point à signaler dans l'ordre et l'économie du monde. Que seraient devenus les animaux et les végétaux sans cette précaution ? Que la chaleur solaire pénètre facilement dans les corps animés, et la température du sang et de la séve se trouve élevée. Au lieu de la température de 36° chez l'homme, la voilà tout à coup à 45 ou 50°. On voit le désordre produit dans notre organisation.

Sans doute, l'homme ne traverse pas impunément les régions tropicales, mais combien les accidents seraient plus graves sans la mauvaise conductibilité de ses chairs et le salutaire refroidissement produit par l'évaporation d'une sueur abondante ! Quelles moissons ferait la mort en hiver si notre chaleur intérieure se transmettait facilement au dehors ! Une petite portion de la terre serait seule habitable et l'activité humaine considérablement amoindrie.

Or, tous les tissus dont l'homme se couvre sont d'origine végétale et animale ; partant ils sont mauvais conducteurs de la chaleur, mais à des degrés divers. Ainsi, la laine est le plus mauvais ; après

viennent la soie, puis le coton et enfin le fil. *Donc, plus particulièrement, les vêtements d'hiver doivent être en laine, et ceux d'été en coton ou en fil.*

Ce n'est pas assez de spécifier la nature du tissu, il faut encore en indiquer la couleur, car, nous l'avons déjà dit : *les couleurs sombres favorisent l'absorption des rayons solaires.* Il en résulte qu'en été les couleurs claires sont préférables, si l'on va au soleil. Mais comme les *couleurs sombres facilitent la déperdition* de la chaleur, il faut opter pour les couleurs sombres, si l'on va à l'ombre. Or, *en été*, il y a plus d'occasions d'être au soleil qu'à l'ombre : donc l'*avantage reste en définitive aux vêtements de couleurs claires.*

Observons encore l'état de la surface du tissu. *Est-il uni*, comme la soie, *la chaleur pénètrera moins facilement que s'il est rugueux*, comme le drap.

Enfin, la confection du vêtement a son importance, et, s'il est ouaté, *la chaleur traverse difficilement la ouate ;* les fourrures jouent un rôle analogue. Les plumes nous offrent le même avantage : voyez plutôt l'édredon : aussi léger qu'il est chaud. Il n'a pourtant pas de chaleur à lui ; et nous croyons qu'il nous donne de la chaleur, tandis qu'il nous empêche de perdre la nôtre. *Il y a, en effet, deux manières de s'enrichir : augmenter ses recettes ou diminuer ses dépenses.*

En résumé : le vêtement d'hiver doit être en *laine*, *blanc*, à surface *rugueuse* et *ouaté ;* celui d'été, en *fil* ou en *laine*, *blanc*, à surface *polie*. Enfin, *tout vêtement doit être aussi léger que possible.*

V

LA FLAMME

Quelle est donc ce corps ardent, lumineux, mobile, ondoyant, qu'on nomme une flamme ?

A ses ondulations et à sa mobilité on reconnaît que c'est un corps gazeux. Un corps solide, porté aux plus hautes températures, ne produira point de flamme; le fer peut rougir, il peut même devenir d'un blanc éclatant par une chaleur très-vive; mais de flamme, point. Où il n'y a pas de gaz, il n'y a pas de flamme.

Prenez au contraire une lampe, approchez du bord de la mèche une allumette enflammée, et l'huile qui s'est élevée par les petits canaux que laissent entre eux les fils de la mèche, va se décomposer et donner naissance à des gaz qui brûleront. Ce sont les mêmes gaz qui brûlent dans la bougie, dans le pétrole, etc. C'est le gaz qui éclaire les rues

plus ou moins purifié, c'est-à-dire une combinaison d'*hydrogène* et de *carbone*. Aussi, toutes ces flammes se ressemblent-elles, et ne diffèrent guère que par l'intensité. Toutes offrent plus ou moins la teinte jaune caractéristique.

Cette teinte jaune explique pourquoi une robe bleue paraît verte aux bougies, — on sait que le bleu et le jaune mêlés font du vert, — pourquoi les gants jaunes paraissent de couleur paille et les gants paille de couleur blanche.

Avez-vous observé que toutes les flammes présentent la même forme renflée à la base, effilée au sommet? En effet, le gaz se dégage du corps solide ou du corps liquide qui lui donne naissance sous forme de bulles qui brûlent extérieurement. — A mesure que les bulles se consument, elles s'élèvent et diminuent de grosseur en brûlant, jusqu'à ce qu'elles soient complétement détruites.

Il y a donc toujours, dans l'intérieur de la flamme, une partie obscure où rien ne brûle et une enveloppe enflammée. Cela est facile à reconnaître à l'aspect, mais on peut faire une expérience fort simple qui le prouve. Placez en travers de la flamme une allumette ou mieux un fil de fer; si c'est une allumette, vous la verrez brûler d'abord aux points qui touchent les bords de la flamme, tandis qu'elle sera encore intacte au milieu; si c'est un fil de fer très-fin, il rougira à ces mêmes points et restera noir au milieu.

Voyez la mèche de la bougie, lorsqu'elle s'allonge et se tord, devenir incandescente à son extrémité et se consumer. Aussi n'est-il pas nécessaire de la

moucher. La mèche tressée se courbe d'elle-même et vient trouver la partie brûlante de la flamme. Ce résultat s'obtient en trempant la mèche dans un liquide (eau, acide sulfurique et acide borique) qui en vitrifie les cendres à la température de la flamme. On voit, en effet, une perle incandescente terminer l'extrémité de la mèche et la courber par son poids.

Les combustibles généralement employés, le bois et le charbon brûlent avec flamme. Les éléments de ces corps peuvent, en effet, donner naissance à des gaz. On sait d'ailleurs que le gaz de l'éclairage vient de la houille, et que la houille elle-même a une origine végétale. Quant à l'éclat de ces flammes, il est dû à des parcelles de charbon suspendues dans l'intérieur.

On croirait volontiers qu'une flamme est d'autant plus chaude qu'elle est plus brillante, mais la lumière et la chaleur, tout en allant de compagnie, ne marchent pas de pair. La flamme de l'hydrogène, qui est à peine visible, est cependant très-chaude.

Il est facile de la rendre lumineuse, il suffit de plonger dans l'intérieur une spirale de platine.

C'est en dirigeant sur la flamme d'hydrogène un jet d'oxygène et plaçant au sein du mélange enflammé un fragment de craie, qu'on produit la lumière de Drummond, une des sources lumineuses de plus grand éclat.

Ainsi, le corps gazeux forme la flamme que le corps solide rend lumineuse.

V

LA BOUSSOLE

Vous allez partir, vous vous dirigez vers la mer, peut-être même traverserez-vous l'Atlantique ou la Méditerranée. Demandez-vous, une fois sur le navire, lorsque les côtes auront fui loin de vous, que vous ne verrez que le ciel et l'eau, quelle puissance mystérieuse vous guide sur la plaine liquide ?

Voyager comme les anciens, en suivant les côtes, ce n'est rien; mais s'aventurer sur une mer sans rivage, marcher à tâtons, sans chemin, sans ornière, la nuit comme le jour, dans cette frêle coquille qu'on nomme un navire, n'est-ce pas faire acte de grand courage ? Certes, l'homme qui le premier s'exposa à de si grands périls, celui-là fut courageux par-dessus tous. Aujourd'hui la tempête et les écueils ne sont pas plus à redouter sur la mer que les accidents sur le chemin de fer.

Le marin s'avance sans crainte, les yeux sur la boussole ou levés vers les cieux. Cette petite aiguille aimantée est le bâton de cet aveugle qu'on nomme le marin. Voyez sur le pont du navire, près de la dunette, la boussole enfermée dans une boîte. L'officier de quart ne la quitte pas des yeux, et tant que l'aiguille ne change pas de direction par rapport à l'axe du navire, le vaisseau suit la même ligne, car l'aiguille a une direction fixe, et si elle semble se déplacer, c'est le vaisseau qui dévie.

Pourtant il ne faut pas exagérer l'importance de la boussole, elle ne suffit pas. On y ajoute les renseignements fournis par l'astronomie. Je ne fais pas une métaphore quand je dis que le marin s'avance les yeux levés vers les cieux. Les astres lui permettent de savoir à chaque instant en quel point de la mer il se trouve; tandis que le sillage s'efface, il trace sans hésiter, sur la carte, la route qu'il a suivie.

Parlons seulement de la boussole et, laissant de côté la boîte et les parties accessoires, considérons seulement la partie essentielle, l'aiguille ou le barreau aimanté.

C'est un barreau *d'acier* ou un mince morceau d'acier découpé en losange que l'on a aimanté. Pour aimanter, il y a deux moyens : 1° vous prenez soit un *aimant naturel*, qui est un minerai de fer que l'on trouve dans la terre, aimanté naturellement, soit un *aimant artificiel*, c'est-à-dire, un barreau d'acier ou une aiguille déjà aimantée, avec lequel vous frottez dans le sens de la longueur le barreau *d'acier* ou l'aiguille que vous voulez aimanter;

2° ou bien vous enroulez autour du barreau le fil d'une pile comme pour l'embobiner. Au bout d'un certain temps, le barreau est aimanté.

Posez l'aiguille aimantée sur un pivot ou suspendez-la à un fil, elle prend une direction déterminée; écartez-la de cette direction, elle y reviendra. La voilà désormais soumise à une force occulte. Vous pouvez encore la placer horizontalement sur un bouchon de liége et mettre le bouchon sur l'eau, elle fera tourner le bouchon jusqu'à ce qu'elle se trouve dans la direction qui lui est imposée.

Il importe de corriger plusieurs erreurs :

On croit généralement que l'aiguille de la boussole indique le nord même, cela n'est pas exact. Elle se dirige entre le nord et le nord-ouest, presque au nord-nord-ouest.

On croit encore que sa direction ne varie pas et elle varie constamment :

En 1444, elle était au nord-nord-est;

En 1663, elle se dirigeait exactement au nord ;

Elle a donc, on le voit, des oscillations séculaires outre les oscillations plus rapides et moins étendues de chaque jour.

La foudre peut modifier sa direction. Tel navire est revenu au port du départ; tel autre est allé se briser sur des écueils, parce qu'un coup de foudre avait dérangé la boussole.

Les *propriétés de l'aimant* sont connues depuis longtemps, comme le prouvent les dénominations diverses données à ce corps singulier.

Ainsi, dans l'Inde, l'aimant s'appelle *tchou baka,*

celui qui embrasse; les Chinois le nomme *thsu-chy*, la pierre qui aime. C'est un berger, au dire de la légende, dont les souliers ferrés avaient adhéré au sol, qui aurait découvert la pierre d'aimant. — Des souliers ferrés dans ce pays de sandales! — En grec, l'aimant se nommait *magnès*, de *magnésie*, ville d'Asie où on en trouve de naturel. De magnès, nous avons fait *magnétisme*, dont plus tard on a fait abus en désignant sous ce nom des phénomènes complétement différents de l'aimantation.

Empédocle, Platon, Aristote, etc., ont parlé de l'aimant et de ses propriétés. Saint Augustin, dans la *Cité de Dieu*, exprime ainsi naïvement sa terreur et son admiration :

« Je voyais, dit-il, un anneau de fer attiré par la pierre y rester suspendu; et puis, comme si la pierre eût communiqué au fer attiré par elle, sa propre vertu, et l'eût partagée avec lui, ce même anneau, approché d'un autre, l'attira et le tint également suspendu. De la même manière que le premier anneau tenait à la pierre, le second anneau tenait au premier. Le troisième tint de même au second et un quatrième au troisième.

« Cette suite d'anneaux formait une chaîne, non point par entrelacement et contact des surfaces intérieures, comme c'est le cas ordinaire, mais seulement par contact à leur surface extérieure. Comment ne pas rester muet d'étonnement devant cette vertu d'une pierre, vertu qui non-seulement réside en elle, mais qu'elle communique à tant d'objets suspendus à elle, et qu'elle retient par d'invisibles liens!

« Mais voici quelque chose encore plus merveilleux à propos de cette pierre, et je le tiens d'un frère et mon coévêque Severus Milevitanus. Il m'a raconté qu'à la suite d'un dîner où il avait été invité, chez le comte de l'Afrique, Bathanarius, il vit le comte prendre une pierre d'aimant, la tenir sous une plaque d'argent et poser un morceau de fer sur la plaque. Il promena la pierre sous la plaque et le fer suivait chaque mouvement sans que l'argent qui servait d'intermédiaire y participât en rien. Le fer allait et venait rapidement çà et là, obéissant au mouvement de la pierre promenée en dessous par la main de l'homme. Je rapporte ce que j'ai vu de mes yeux, et ce que j'ai ouï dire de quelqu'un en qui j'ai foi comme si j'avais vu moi-même. »

Aujourd'hui, dans tous les cours de physique, on répète les expériences qui étonnèrent si fort saint Augustin, et qui ne surprennent pas moins les jeunes écoliers. On montre ainsi que, non-seulement le fer est attiré par l'aimant, mais encore que par le contact de l'aimant, le fer devient lui-même aimanté. Cette influence diminue graduellement à mesure que le nombre des morceaux de fer augmente.

Si le fer est pur, l'attraction et l'aimantation sont instantanées; si, au lieu de fer, on emploie de l'acier, l'attraction ne se produit qu'à la longue, après des frictions répétées, opérées sur l'acier à l'aide de l'aimant. Mais tandis que le fer perd ses propriétés du moment que le contact avec l'aimant cesse, l'acier au contraire les conserve.

Nous avons déjà dit en quoi le fer diffère de l'acier, il est bon cependant de le répéter ici. L'acier est du fer allié à une faible quantité de charbon pur, un demi pour cent environ. C'est pourtant cette minime portion de carbone qui suffit à transformer le fer, pour augmenter la dureté de ce métal, le rendre élastique et enfin lui permettre de conserver l'aimantation.

Cette petite différence, entre le fer et l'acier, est sans doute la cause de l'erreur bien naturelle que l'on commet en les prenant l'un pour l'autre. Mais s'ils se ressemblent au premier abord, on voit combien leurs propriétés sont distinctes.

L'expérience citée par saint Augustin prouve encore que l'attraction d'un aimant sur un morceau de fer se produit à travers l'argent. Il en est ainsi, parce que l'argent lui-même n'est pas attirable.

On fait voir, dans les cours de physique, que l'action se produit à travers le bois, le carton, la pierre, en un mot tous les corps qui ne sont pas eux-mêmes attirables. On peut tirer parti de cette observation curieuse pour lui donner un air mystérieux, en faisant agir un aimant que l'on tient caché sur un autre qui est visible.

La force attractive d'une aiguille ou d'un barreau aimanté n'est pas la même en tous ses points. Il y a, vers chaque extrémité, un centre d'attraction qu'on nomme *pôle,* ce qui fait deux pôles pour chaque aiguille. A partir des pôles et en allant vers le milieu, l'attraction diminue. Il suffit, pour s'en convaincre, de plonger un barreau dans de la limaille de fer, on voit celle-ci se ramasser en houp-

pes aux deux extrémités, tandis qu'elle ne s'attache pas au milieu.

Brisez le barreau en deux fragments, et chaque fragment se trouve avoir deux pôles; brisez-le en dix, cent, mille morceaux, et chaque morceau est un nouvel aimant ayant toujours deux pôles. De sorte qu'on peut dire que chaque molécule est elle-même un aimant.

Les deux pôles ne sont pas identiques. Prenez deux aiguilles aimantées, mettez en rapport les deux extrémités qui se tournent vers le nord, vous verrez qu'elles se repoussent. Rapprochez au contraire du pôle nord de l'une, le pôle sud de l'autre, vous les voyez s'attirer.

Voici qui n'est pas moins curieux, et qui montre bien l'opposition des deux pôles. A l'extrémité nord d'une aiguille, vous attirez un morceau de fer, vous posez ensuite l'extrémité sud d'une autre aiguille sur l'extrémité nord de la première, et aussitôt le morceau de fer tombe; les deux actions se sont neutralisées. L'attraction est au contraire augmentée si l'on superpose deux extrémités semblables.

Je viens d'employer les dénominations de pôle nord et de pôle sud, mais j'aurais dû prévenir que le pôle nord est celui qui se tourne du côté du sud et réciproquement.

Pourquoi cette contradiction apparente?

Voici l'origine de ces dénominations. Lorsqu'on place une aiguille librement suspendue au-dessus d'un aimant énergique, celui-ci la maîtrise. L'aiguille se dispose parallèlement à l'aimant, quelles

que soient les directions qu'on donne à ce dernier, Elle l'accompagne dans tous ses mouvements. On a donc été conduit, par analogie, à assimiler la terre à un âimant, et puisque les aiguilles et les barreaux aimantés voisins se dirigent tous dans le même sens, il en faut conclure que ce sens est celui de l'aimant terrestre.

Prolongez par la pensée la direction de l'aiguille, faites tout le tour de la terre, dans cette direction, vous aurez ce qu'on nomme le *méridien magnétique*.

Suivez le méridien magnétique et en divers points de ce méridien, ayez une aiguille suspendue à un fil, vous vous apercevrez bientôt que non-seulement l'aiguille n'est pas horizontale, mais qu'elle s'incline différemment.

Si vous partez de Paris et marchez vers le Nord, c'est l'extrémité de l'aiguille dirigée vers le Nord qui s'abaisse de plus en plus; le contraire a lieu en allant vers le Sud. On trouve deux points, l'un au nord de l'Amérique, à l'ouest de la baie de Baffin, l'autre au nord de la Sibérie, où l'aiguille est sensiblement verticale, d'où l'on conclut que ces points sont des *pôles magnétiques du nord* de la terre.

Il existe deux points analogues dans l'hémisphère austral, l'un au sud de l'Amérique, l'autre au sud de la Nouvelle-Hollande. Ce sont des *pôles magnétiques du sud*.

Ainsi l'aimant terrestre a ses pôles comme un autre aimant, un pôle nord au nord, un pôle sud au sud. Or, comme les pôles de noms contraires s'attirent, on a été conduit à désigner sous le nom de

pôle nord d'une aiguille celui qui se dirige vers le pôle sud terrestre et réciproquement.

Nous avons conservé ces dénominations, bien que les idées sur le magnétisme soient complétement modifiées depuis la grande découverte d'Œrstedt et les immortels travaux d'Ampère.

En 1820, Œrstedt constata l'action sur l'aiguille aimantée d'un fil traversé par un courant électrique. Si, par exemple, vous approchez l'aiguille d'un des fils télégraphiques qui règnent le long des voies ferrées, elle est déviée. De sorte qu'on a ainsi un moyen très-simple de savoir si un fil est ou non traversé par le courant de la pile.

Une série de découvertes suivirent celle d'Œrstedt, on reconnut qu'on pouvait faire des aimants à l'aide de la pile; qu'il suffisait pour cela d'entourer, avec le fil de la pile, un morceau de fer pur ou d'acier.

La télégraphie électrique suivit de près.

Puis l'explication des aurores boréales.

Enfin, les phénomènes magnétiques, qui jusqu'alors avaient été considérés à part, furent regardés comme une dépendance de l'électricité. Ce dernier résultat est le plus important.

Du moment que les aimants furent assimilés à des courants électriques, il en fut de même du globe terrestre. En comparant la direction de ces courants à la marche du soleil, on a été conduit à considérer le soleil comme la cause de ces courants et par suite des phénomènes magnétiques.

On ne s'est pas borné à des hypothèses. M. de la Rive a réalisé l'aurore boréale en miniature. Il en a

imité les diverses phases avec une fidélité assez grande pour qu'on pût considérer ses expériences comme des reproductions en petit des phénomènes naturels.

Les premiers humains qui adorèrent le soleil, le regardant avec raison comme la cause de tous les phénomènes terrestres, ne se doutaient guère que, quelques milliers d'années plus tard, l'étude approfondie de ces phénomènes justifierait leur instinct. La chaleur solaire dorait leurs moissons, mûrissait leurs fruits, répandait la vie, animait la nature. Aujourd'hui nous savons que le soleil est la cause directe ou indirecte de tout ce qui se produit à la surface de la terre.

La chaleur solaire, en dilatant les couches d'air équatoriales, appelle à l'équateur l'air des pôles et répand vers les pôles celui de l'équatèur ; telle est l'origine des vents.

La chaleur solaire aspire les vapeurs de la mer et forme les nuages que les vents transportent au-dessus des continents, là ils se résoudront plus tard en pluies fécondes.

Le soleil a donc tout à la fois produit les nuages et les vents destinés à les transporter.

Le soleil échauffant inégalement les eaux détermine les courants de la mer, ces fleuves marins qui constituent dans la mer une circulation des eaux analogue à la circulation aérienne ; à leur tour, les courants répandent la vie sur certains points, alimentent des légions innombrables d'animalcules qui préparent avec leurs débris les continents futurs.

Par son attraction, le soleil assujettit la terre à sa

marche elliptique autour de lui ; celle-ci, attachée par un lien invisible à l'astre radieux, tourne docilement comme le cheval du manége.

C'est à la lumière solaire que nous devons les alternatives du jour et de la nuit, les feux de l'aurore et du couchant, les séduisantes couleurs de l'arc-en-ciel.

Enfin, c'est encore la chaleur solaire qui produit les éclats du tonnerre et l'électricité qui se dégage en brillantes effluves aux deux pôles. C'est elle qui donne naissance aux courants électriques qui tourbillonnent autour du globe d'un pôle à l'autre et y développent l'aimantation.

Le soleil est donc bien l'âme de notre monde ; les premiers hommes ne s'étaient pas trompés.

---

portes, des croisées, des balcons, etc., sont pour elle des routes faciles qu'elle choisit. Elle ne cherche pas le chemin le plus court, mais bien le plus commode. Que lui importe, en effet, les distances à elle qui fait quatre-vingt mille lieues par seconde? L'eau et les métaux sont pour l'électricité les meilleurs conducteurs. On s'explique par là les apparentes bizarreries de la foudre, par exemple lorsqu'elle saute de l'espagnolette de la croisée à la serrure de la porte, de là à une barre de fer scellée dans le mur, et va se perdre ensuite dans un puits.

Pendant un orage violent qui éclata à Bâle, le 9 juin 1849, le tonnerre tomba sur le *paratonnerre* d'une maison et suivit d'abord le *conducteur* jusque dans le sol, mais ensuite il sauta sur un tuyau hydraulique de fonte de fer qui se trouvait à proximité, broya sur une longueur d'environ mille mètres tous les tubes de fonte qui continuaient ce tuyau, de telle sorte que toutes les fontaines alimentées par cette conduite cessèrent tout à coup de couler.

§ 2

Chacun a vu sur le sommet des édifices cette tige de fer, pointue à son extrémité supérieure, qu'on nomme le paratonnerre. Du pied du paratonnerre part le conducteur, c'est-à-dire une barre de fer ou un faisceau de fils de fer qui longe la toiture, des-

cend verticalement le long du mur, et va plonger dans un puits qui doit communiquer avec une nappe d'eau.

Voulez-vous vous rendre compte de l'effet produit par un paratonnerre? Observez-le pendant un orage nocturne, vous verrez quelquefois une aigrette ou une auréole lumineuse à la pointe. Le même phénomène se produit aux extrémités des mâts des vaisseaux et porte alors le nom de *feux de Saint-Elme.* On l'a également observé à l'extrémité des baïonnettes de soldats en faction. César rapporte dans ses *Commentaires* que, pendant un orage de nuit, les pointes des piques de la cinquième légion parurent s'enflammer.

Cette lueur indique l'écoulement de l'électricité. Une pointe est une sorte de robinet par lequel l'électricité s'écoule comme s'écoule un liquide par un robinet ordinaire. Le paratonnerre offre donc le moyen de vider un édifice de l'électricité qu'y a développée un nuage orageux. L'électricité de la maison va ainsi jusqu'au nuage où elle trouve l'électricité contraire, avec laquelle elle se combine, s'annulant ainsi l'une par l'autre.

En même temps que le paratonnerre laisse écouler par sa pointe l'électricité contraire à celle du nuage et qui va neutraliser ce dernier, un ruisseau d'électricité semblable à celle du nuage court le long du conducteur en sens contraire et va se perdre dans le sol.

On en rendra la déperdition plus facile en terminant le conducteur par de nombreuses branches métalliques, qu'on entourera de braise éteinte,

mais il est surtout indispensable de faire plonger ces ramifications dans une nappe d'eau.

On raconte que le temple de Jérusalem n'a jamais été frappé par la foudre, sans doute parce que la toiture était recouverte de nombreuses pointes d'or qu'on avait mises là pour empêcher les oiseaux de s'y établir.

Si un paratonnerre bien établi est un protecteur, un paratonnerre détérioré est un danger permanent. Par exemple, lorsque le conducteur est mince, il peut-être fondu ; ou encore s'il est rompu, car, dans ce cas, l'électricité qui court vers le sol en suivant le conducteur, ne trouvant pas d'issue, agira sur l'édifice, et on aura ainsi amené la foudre chez soi.

Puisque la foudre fond le conducteur, à plus forte raison peut-elle fondre la pointe; aussi fait-on cette dernière peu aigüe et d'un métal difficile à fondre comme le platine.

On admet que le paratonnerre protége un espace circulaire dont le rayon est double de sa hauteur. D'après cela, si le paratonnerre a cinq mètres de haut, il protége un cercle d'un rayon de dix mètres. Mais loin de nous fier complétement à cette règle, nous engageons les constructeurs à multiplier les paratonnerres, en ayant soin d'établir des communications entre eux et la toiture, si celle-ci est métallique.

Enfin on peut incliner le paratonnerre de manière qu'il agisse sur le nuage orageux avant que ce dernier ne soit au-dessus de l'édifice. Il faut alors l'incliner du côté d'où viennent le plus souvent ces

nuages ou placer des paratonnerres à tous les angles de l'édifice et dans des directions différentes comme on le voit à la Bourse de Paris.

Quelques exemples bien choisis achèveront de persuader les plus incrédules de l'efficacité du paratonnerre.

Le 19 avril 1827, le paquebot le *New-York* reçut deux coups de foudre. Il était alors à cent cinquante lieues des terres les plus voisines.

Au premier coup, n'ayant point de paratonnerre, il eut à éprouver de graves dégâts. Un tuyau de plomb fut fondu; il avait cependant *huit* centimètres de diamètre et *un centimètre et demi* d'épaisseur.

Au deuxième coup, le paratonnerre était établi : il se composait d'une baguette de fer pointue, communiquant avec la mer par une chaîne d'arpenteur.

« A l'instant de l'explosion, tout le bâtiment fut éclairé d'une vive lumière; en même temps, la chaîne était dispersée de toutes parts, en fragments brûlants ou en globules enflammés; le paratonnerre lui-même était fondu en partie. » Ces globules de fer en combustion, gros comme des balles, mettaient le feu sur le pont en cinquante endroits, malgré une couche de grêle qui le couvrait, malgré la pluie qui tombait à flots. Le reste du paratonnerre était en place avec un bout de chaînon... »

Le 13 juin 1854, le tonnerre tomba sur le vaisseau le *Jupiter*, qui faisait partie de l'escadre de la mer Noire.

« Au moment de l'explosion, on a vu une vive

lumière; l'intensité du bruit et les tourbillons de fumée ont fait supposer d'abord que c'était un coup de canon parti de l'une des batteries, mais l'erreur n'a duré qu'un instant; la chaîne du paratonnerre avait disparu, on en voyait partout les débris; plusieurs hommes de l'équipage en avaient reçu dans leurs vêtements, trois d'entre eux en étaient légèrement blessés.

« La chaîne n'avait pas moins de soixante-dix mètres de long, et environ trois centimètres de diamètre. » La foudre en avait fait des milliers de morceaux plus petits que des épingles...

« Un vaisseau turc, qui avait aussi un paratonnerre, mais dont la chaîne ne descendait pas jusqu'à l'eau, ayant reçu pareillement un coup de foudre pendant le même orage, a eu dans son flanc un trou tel qu'aurait pu le faire un boulet de canon. »

On voit donc qu'un paratonnerre peut être frappé par la foudre; mais alors même qu'il est frappé, il protége encore l'édifice ou le vaisseau sur lequel il se trouve. L'électricité court le long du conducteur jusqu'au puits ou jusqu'au sol humide. Vous n'avez rien à craindre si le conducteur est assez gros et surtout s'il n'est point interrompu. Mais, s'il y a une rupture, le danger est plus grand qu'en l'absence de tout paratonnerre.

Il est donc essentiel, après chaque orage, de visiter le paratonnerre, et surtout le conducteur ; de s'assurer qu'aucun point n'a été fondu, rompu, détérioré.

VII

LE MIRAGE

> Les actions de l'incrédule sont semblables au *serab* (mirage de la plaine) celui qui a soif le prend pour de l'eau jusqu'à ce qu'il s'en approche et trouve que ce n'est rien. LE KORAN.

On a beaucoup usé de la métaphore du mirage ; mais combien peu, parmi ceux qui l'emploient, connaissent le phénomène auquel ils font allusion.

Le mirage est l'illusion d'une nappe d'eau dans laquelle se réfléchissent les objets environnants.

Lors de la campagne d'Égypte, l'armée et les savants en furent témoins, et l'explication en fut donnée par Monge.

Pendant leur marche sous un soleil de feu et dans le sable brûlant, nos soldats, harassés, haletants, voyaient au loin le paysage réfléchi dans un

vaste lac aux ondes doucement agitées. Les maisons, les arbres, les nuages, le ciel se miraient dans l'eau. Ils s'avançaient pleins de confiance et de désirs vers le rivage, mais le rivage fuyait devant eux, et lorsqu'ils approchaient des maisons, des arbres qui se réflétaient dans l'eau, l'eau avait disparu.

Monge montra comment les couches d'air, lorsqu'elles sont vivement et inégalement échauffées, produisent l'effet d'un miroir ou d'une nappe d'eau. Le mirage ne se manifeste que pendant la journée; le soir et le matin, on voit les objets terrestres à leur vraie place, il n'y a pas d'illusion. Quand l'air s'est échauffé au contact du sol brûlant, le mirage commence. Bientôt, il se forme des couches d'air inégalement chaudes, parce qu'elles sont inégalement éloignées du sol. Dans les pays chauds, en Égypte par exemple, la portion la plus chaude de l'air touche la terre, et, à mesure qu'on s'élève, l'air est de moins en moins chaud. Il en résulte que l'air est de plus en plus rare à mesure qu'il est plus près de la terre. C'est le contraire de ce qui a lieu ordinairement. Cet état des couches d'air est alors propre à la production du mirage.

Mais le phénomène n'a pas toujours lieu de la même manière et dans les mêmes circonstances. Dans les contrées tempérées, en Europe par exemple, le mirage se produit en sens inverse. Les couches d'air sont disposées dans un autre ordre : les plus légères sont dans les hauteurs; les plus épaisses, voisines du sol. La surface réfléchissante est en haut, au lieu de se trouver près de la terre. Pour mieux me faire comprendre, je dirai que, dans le premier

cas, les choses se passent comme s'il y avait un miroir, sur le plancher d'une chambre ; dans le second cas, comme si le miroir était au plafond.

Aussi, tandis que dans les pays chauds on croit voir une nappe d'eau où se mirent les objets terrestres, dans nos régions, au contraire, c'est dans l'air, à une assez grande hauteur, qu'on voit le paysage reproduit, et le plus souvent un paysage éloigné. On cite un exemple remarquable de cette sorte de réflexion, connue sous le nom de *fata Morgana* (la fée Morgane), et qui s'observe en Italie et en Sicile, et surtout dans le détroit de Messine. A certains moments, dit M. Pouillet, le peuple se porte en foule sur le rivage de la mer pour jouir de ce singulier spectacle ; on voit dans les airs, à de grandes distances, des ruines, des colonnes, des châteaux, des palais et une foule d'objets qui semblent se déplacer et qui changent d'aspect à chaque instant. Toute cette féerie n'est qu'une représentation de quelques objets terrestres qui sont invisibles dans l'état ordinaire de l'amosphère.

On s'expliquera facilement par un effet de mirage les croix qu'à diverses époques on a aperçues dans le ciel. Ces croix sont les images de celles qui couronnent les édifices religieux, et comme elles sont généralement d'un métal brillant, l'image est d'autant plus vive et plus nette.

Les personnes qui habitent les bords de la mer sont quelquefois témoins d'un mirage produit dans d'autres conditions.

Le capitaine Scoresby, à qui nous devons tant d'observations curieuses, en a été témoin dans

le Groënland (1822). « Le phénomène le plus curieux, dit-il, c'était de voir l'image renversée et parfaitement nette d'un navire qui se trouvait au-dessous de notre horizon. Nous avions observé des apparences semblables, mais ce qu'il y avait de particulier dans celle-ci, c'était la netteté de l'image et le grand éloignement du navire qu'elle représentait. Ses contours étaient si bien marqués, qu'en regardant cette image à travers une lunette je distinguais les détails de la voilure et de la carcasse du navire; je reconnus le navire de mon père, et quand nous comparâmes nos livres de lock, nous vîmes que nous étions alors à 55 kilomètres l'un de l'autre, savoir ; 31 kilomètres au-delà de l'horizon réel, et 24 au-delà des limites de la vue distincte. »

Un des exemples les plus curieux de cette sorte de mirage, mais qui fut en même temps un spectacle navrant pour ceux qui l'observaient est rapporté par le lieutenant Jullien, de la marine française (1). C'était en 1846, le 16 décembre.

« La frégate *la Belle Poule*, dit-il, essuya, dans le voisinage de l'île de la Réunion, une horrible tempête. A minuit, malgré les plus énergiques efforts, la frégate, désemparée, sans gouvernail, sans voiles, se couchait avec sa mâture en lambeaux et son pont balayé par une mer furieuse. . . . .
. . . . . L'ouragan nous avait séparés de la corvette française *le Berceau*, qui ne devait se trouver qu'à une petite distance de la route que nous avions suivie. Une mâture de fortune nous permit,

(1) *Harmonies de la mer.*

au bout de quelques jours, d'atteindre le lieu de rendez-vous fixé à l'île Sainte-Marie de Madagascar. Vainement nous interrogeâmes l'horizon, nos recherches furent sans résultat; rien ne put nous mettre sur les traces de nos malheureux compagnons. . . . .

. . . .

« Un mois s'était ainsi écoulé dans la plus cruelle anxiété, quand tout à coup, du haut de la mâture, la vigie signala, dans l'ouest, un navire désemparé dérivant vers la terre. Ce n'était point un rêve. Le soleil était resplendissant, le ciel limpide et pur; l'air échauffé vibrait à l'horizon. Toutes les longues vues braquées dans cette direction ne firent que confirmer la réalité de cette première nouvelle. Mais l'émotion devait bientôt devenir plus poignante.

« Ce n'était plus un navire en dérive qui nous apparaissait, c'était un radeau chargé d'hommes et remorqué par des embarcations sur lesquelles flottaient des signaux de détresse. Les images, d'ailleurs, étaient nettes et arrêtées; les lignes se dessinaient parfaitement distinctes.

« A bord de la frégate, officiers, commandants, matelots, tous, pendant plusieurs heures, sous le coup d'une hallucination fiévreuse, purent suivre de leurs propres yeux les détails de cette indescriptible scène de mer. L'amiral Desfossés, commandant alors la station de l'Inde, fit appareiller à la hate le premier steamer qui se trouvait sur rade, pour voler au secours de ces débris vivants, que l'Océan semblait nous renvoyer du fond de ces abîmes.

« Le jour commençait à baisser; la nuit, comme

sous les tropiques, tombait déjà sans crépuscule, quand *l'Archimède* arriva au but de sa mission. Il stopa au milieu des épaves flottantes, et mit ses canots à la mer. Tout autour il continuait à voir des masses d'hommes s'agiter, tendre les mains au ciel; on entendait déjà le bruit sourd et confus d'un grand nombre de voix mêlées au battement des avirons dans l'eau. Encore quelques secondes, et nous allions serrer dans nos bras des frères arrachés à une mort certaine :

Illusions des nuits, vous jouiez-vous de nous?

« Nos canots s'enfoncèrent dans les épaisses branches de grands arbres arrachés à la côte voisine et entraînés avec tout leur feuillage dans les contre-courants qui remontent au nord.

« Ainsi s'évanouit cette étrange vision ; ainsi se dissipa la dernière espérance; ainsi sombra sous nos yeux l'infortuné *Berceau* et ses trois cents passagers. »

Si l'on rapproche ce fait de celui rapporté par le capitaine Scoresby, on peut croire qu'il était produit par la même cause, c'est-à-dire le mirage d'une scène fort éloignée du lieu où on l'observait.

Vous pourriez vous étonner, toutefois, de voir les images, tantôt droites, tantôt renversées. Le mirage proprement dit n'a lieu qu'autant qu'il y a réflexion comme dans un miroir, et alors, tout naturellement, les images sont symétriques des objets, c'est-à-dire apposées bout à bout. L'autre phénomène, qui consiste en un simple exhaussement des objets, s'explique par la *réfraction*, dont le mirage

n'est qu'une conséquence. On comprend donc pourquoi nous réunissons ces deux ordres de phénomènes.

Vous n'ignorez pas qu'un bâton paraît brisé s'il plonge en partie dans l'eau. La Fontaine dit, dans une de ses fables :

Quand l'eau courbe un bâton, ma raison le redresse.
Ma raison décide en maîtresse.
Mes yeux, moyennant ce secours,
Ne me trompent jamais en me mentant toujours.

Mon toucher me dit en effet que le bâton n'est pas brisé, et ma raison me dit que mon toucher a raison et que je suis le jouet d'une illusion.

Voici la cause de cette illusion :

Un rayon lumineux ne se propage en ligne droite qu'autant qu'il ne change pas de milieu. Voyez un rayon de soleil qui tombe sur une nappe d'eau et pénètre ensuite dans l'intérieur du liquide, il est dévié à partir de la surface de l'eau, et ne continue pas sa marche en ligne droite. Il en est de même lorsque le rayon vient à traverser une glace assez épaisse.

J'ajoute qu'il est d'autant plus dévié que les milieux diffèrent davantage quant au poids, mais il suffit de la plus légère différence pour qu'il y ait déviation, même quand un rayon de soleil passe d'une couche d'air dans une autre; pour peu que l'une soit plus dense que l'autre, cela suffit.

Or, l'atmosphère est formée précisément de couches de plus en plus légères à partir du sol; un rayon partant d'une étoile, de la lune ou du soleil, pénétrant dans notre atmosphère, s'y propage, non en



ligne droite, mais en ligne courbe, à la façon d'une bombe. Il en résulte que nous voyons les corps célestes plus haut qu'ils ne sont; que nous voyons la lune et le soleil un peu avant leur lever réel, et un peu après leur véritable coucher; il en résulte encore l'aurore et le crépuscule.

C'est un phénomène de cette nature, rangé habituellement dans les mirages et analogue aux phénomènes cités plus haut, qui a été signalé pour la première fois par le docteur Vince.

Voici le fait :

Il existe entre Ramsgate et Douvres une colline qui cache à un observateur de Ramsgate la base du château de Douvres, mais lui permet de voir le sommet des tours. Or, à une certaine heure, on peut voir le château tout entier comme si la colline n'existait pas, ou plutôt comme si le château avait été subitement élevé dans les airs.

Dans les divers exemples cités jusqu'à présent, l'image est en haut ou en bas, au-dessus ou au-dessous de l'objet. Il arrive quelquefois qu'elle se produit à droite ou à gauche de l'observation. Ce cas se présente sur le rivage de la mer, ou dans le voisinage d'un mur vertical vivement échauffé.

Sur le rivage, le mirage est dû à la différence de température qui existe entre l'air qui est au-dessus de la terre et celui qui est au-dessus de la mer. Les couches sont verticales. L'effet produit est celui d'un miroir disposé verticalement. Les objets terrestres sont réfléchis sur la mer, ou bien ce sont les navires qu'on voit reproduits sur la terre.

Dans le voisinage d'un mur vertical vivement

échauffé, on obtient des images absolument semblables à celles que le mur produirait, s'il était un miroir.

Telles sont les diverses circonstances dans lesquelles se produit ce singulier phénomène. Je ne saurais les expliquer avec plus de détails sans sortir du cadre dans lequel je me suis volontairement renfermé.

VIII

LE SON ET LA LUMIÈRE

Entre la cloche qui résonne et la flamme qui éclaire, il y a de nombreuses analogies et, bien que les phénomènes sonores et les phénomènes lumineux semblent au premier abord très-distincts, il existe entre eux des ressemblances frappantes.

Les sons résultent des mouvements exécutés par les molécules des corps, ce sont des allées et venues analogues aux battements du pendule et qu'on nomme *vibrations sonores*. Ces mouvements sont plus ou moins étendus, plus ou moins rapides, plus ou moins simples.

Ces vibrations se propagent à travers l'air le plus souvent, mais aussi à travers les autres corps, tant solides que liquides.

Tout ce qui entoure le corps sonore participe plus ou moins à ses mouvements, et, dans une pièce

où un timbre résonne, les vitres, les murs, les objets divers, tout résonne, tout vibre plus ou moins ; c'est un véritable concert.

Le tympan de l'oreille vibre à son tour, le nerf qui s'y trouve (*nerf acoustique*) recueille les vibrations, et la sensation se produit seulement à ce moment. Jusque-là il n'y avait que du mouvement.

Il faut bien distinguer le mouvement de la sensation qui existe dans le nerf. Le corps sonore peut vibrer sans que le son se produise, si, par exemple, on supprime l'air autour du corps sonore. Au contraire, la sensation peut se produire sans qu'il y ait corps sonore, comme il arrive lorsqu'on dit familièrement : *les oreilles me cornent ; quelqu'un parle de moi*. Cela vient de ce que, à toutes les excitations qu'il reçoit, le nerf acoustique ne répond qu'en produisant du son. C'est, pour ainsi dire, la seule langue qu'il puisse parler.

De même que les corps sonores, les corps lumineux vibrent; mais le mode vibratoire est ici plus compliqué et les oscillations de la molécule sont plus rapides et plus complexes.

La même cause peut d'ailleurs exciter ces deux sortes de vibrations. Ainsi les boulets lancés contre la cuirasse des vaisseaux deviennent incandescents par l'effet du choc, pendant que ce même choc produit un bruit intense.

Comme la vibration sonore, la vibration lumineuse se transmet à travers un milieu spécial, qui n'est ni l'air, ni aucun des corps connus, pour arriver à l'œil. Les corps qui tombent sous nos sens sont, en quelque sorte, trop grossiers pour propager la lu-

mière; nous inventons, car il est inaccessible à nos sens et à tous nos moyens d'appréciation, un corps nouveau, d'une subtilité dont rien n'approche et qui existe partout, mêlé à tout, dans les corps aussi bien que dans l'espace. Ce corps, qu'on appelle éther, n'a de commun que le nom avec le liquide connu sous la même désignation.

L'œil vibre à l'unisson du corps lumineux, comme l'oreille à l'unisson du corps sonore. Le nerf de l'œil (*nerf optique*), ébranlé, nous donne alors la sensation de la lumière.

On peut dire de ce nerf ce que nous avons dit du nerf acoustique, qu'il ne sait répondre que lumière à toutes les excitations qu'il reçoit, qu'elles lui viennent du corps lumineux ou d'un état physiologique, car l'expression *faire voir à quelqu'un trente-six chandelles*, en lui donnant un soufflet, prouve qu'on peut éprouver la sensation lumineuse sans la présence d'un corps lumineux. Ces nerfs spéciaux sont comme des cordes qui ne peuvent rendre qu'une note et chez lesquelles l'intensité seule de la note peut varier.

L'analogie ne s'arrête pas là ; on pourrait même la trouver quelque peu hypothétique, si des expériences ne confirmaient les hypothèses en permettant d'en vérifier les conséquences. Les sons se distinguent les uns des autres, soit par la hauteur, c'est-à-dire le degré d'acuité ou de gravité, soit par l'intensité, s'ils sont de même hauteur, soit enfin par le timbre, si la hauteur et l'intensité sont les mêmes.

On a un exemple de la variété des *hauteurs*, si l'on parcourt les notes de la gamme. Un exemple de la

différence d'intensité si l'on touche plus ou moins fortement une même corde de piano. Enfin, on distingue très-bien les personnes à leur voix, et on ne saurait confondre deux notes de même hauteur et de même intensité venant de deux instruments différents.

De même, il y a dans la lumière des couleurs diverses qui répondent aux diverses notes; dans la même couleur des nuances variées qui répondent aux sons d'intensités différentes ; enfin, la nuance caractéristique de chaque flamme est ce qu'on peut nommer le timbre lumineux.

Le son est d'autant plus aigu, que les mouvements vibratoires du corps sonore sont plus pressés, plus nombreux, de même aussi la diversité des couleurs est due à la rapidité des vibrations lumineuses. C'est en ébranlant plus fortement une corde qu'on lui fait rendre un son qui a plus d'intensité, plus d'ampleur, c'est aussi l'énergie vibratoire qui cause dans une même couleur les diverses nuances.

Mais tandis que le son se propage dans l'air avec une vitesse de 340 mètres environ par seconde, la lumière parcourt, dans le même temps, 77,000 lieues. Tandis que les sons les plus aigus correspondent à un nombre de vibrations de 30,000 à 40,000 par seconde; le plus petit nombre de vibrations lumineuses n'est pas au-dessous de 400 millions dans le même temps.

L'oreille humaine ne perçoit pas tous les sons ; il y en a de trop aigus qu'elle n'entend plus, de trop graves qu'elle n'entend pas encore ; bien des bruits nous échappent qui n'échappent pas à tous les êtres. De même, l'œil humain, blessé par une lumière d'un

éclat trop vif, reste insensible à une lumière d'une trop faible intensité et qui suffit cependant à certains animaux.

L'oreille et l'œil conservent un certain temps les impressions qu'ils ont reçues.

L'un et l'autre sont susceptibles d'éducation et peuvent acquérir une grande délicatesse d'appréciation.

L'échelle musicale s'est successivement enrichie de notes, comme la palette du peintre s'est enrichie de couleurs. On peut ainsi suivre à travers les âges le développement des idées, des sons et des couleurs.

On le voit, l'analogie est profonde, comme nous l'avions dit en commençant, et nous pourrions la poursuivre en ajoutant que : La lumière se réfléchit à la surface des corps et produit comme un écho lumineux ; Les sons et la lumière, répercutés de plus en plus, vont en s'affaiblissant de plus en plus ; des obstacles interposés entre un corps sonore et l'oreille produisent l'ombre sonore ; l'intensité de son diminue avec la distance, comme l'intensité de la lumière ; les corps détruisent ou absorbent une partie des ondes sonores ou lumineuses. La quantité de son ou de lumière varie, mais non la qualité ; lorsque le son et la lumière traversent des couches d'air de densités différentes ou passent de l'air dans l'eau, en un mot, changent de milieu, ils sont déviés de leur route.

X

LE RAYON DE SOLEIL

« Mettez-vous, dit Voltaire, dans une chambre tout à fait obscure, où le jour n'entre que par un trou extrêmement petit ; le rayon de la lumière viendra, sur du papier, vous donner la couleur de la blancheur.

« Exposez transversalement à ce rayon de lumière un prisme de verre (c'est ainsi que, dans le langage des physiciens, on nomme le fragment de verre ou de cristal taillé) ; ensuite, mettez à une distance d'environ seize ou dix-sept pieds une feuille de papier vis-à-vis ce prisme.....

«..... C'est là que se voit tout le secret de la lumière et des couleurs.

« Ce rayon qui est tombé sur ce prisme n'est pas, comme on croyait, un simple rayon ; c'est un faisceau de sept principaux rayons, dont chacun porte

en soi une couleur primitive, primordiale, qui lui est propre.

« Des mélanges de ces sept rayons naissent toutes les couleurs de la nature, et les sept réunies ensemble forment la blancheur (1). »

C'est ainsi que s'exprime Voltaire dans l'ouvrage où il fit connaître, pour la première fois, les admirables découvertes de Newton à la France.

Newton, trop préoccupé de l'assimilation de la lumière et du son, voit sept couleurs qu'il fait correspondre aux sept notes de la musique. L'indigo est une variété de bleu, on ne doit donc pas le compter pour une couleur.

Cet ensemble de couleurs est ce qu'on nomme le *Spectre solaire*.

Le prisme jouit de la remarquable propriété de séparer les divers rayons dont est composé le rayon solaire, et de les disposer dans un certain ordre. Ce rayon est en quelque sorte disséqué, et l'on en voit apparaître les diverses parties, chacune avec ses propriétés caractéristiques.

Employons une comparaison familière :

Supposez que l'on prenne un cordon composé de fils de chanvre; qu'on en sépare les fils de manière à former une mèche de fouet, on pourra comparer le cordon au rayon de soleil avant sa décomposition en rayons colorés et la mèche au spectre.

Newton, le premier, a fixé l'attention des physiciens sur le spectre; le premier, il a établi que la lumière blanche n'est pas simple, mais, au con-

(1) VOLTAIRE, *Exposé de la physique de Newton.*

traire, le résultat de la réunion des couleurs. Mais Newton n'avait vu qu'une partie du spectre, celle que l'on voit communément, c'est-à-dire à peu près la moitié. En-deçà du rouge et au-delà du violet, se trouvent encore des rayons dont la présence se manifeste par de curieuses propriétés. On les met en évidence en présentant certaines substances (infusion de quinquina) à leur action.

Toutefois, pour voir ce qu'on appelle le spectre *obscur*, il faut entretenir l'œil dans un état d'irritation spéciale qui étend les limites et la délicatesse des appréciations de cet organe. Et non-seulement l'œil doit être dans un état exceptionnel, mais tous les yeux ne sont pas également propres à la perception de toutes les parties du spectre.

On cite quelques exemples assez curieux des particularités de l'œil qu'on rencontre quelquefois : Davy manquait du sens des couleurs d'une manière absolue et ne voyait dans les fruits que la forme; il existe des personnes qui ne voient pas certaines couleurs, toutes ne portent pas le même jugement sur les mêmes couleurs. De là la confusion des jugements chez différents peintres. On peut comparer ces effets à la surdité relative et à ce qu'on nomme l'oreille fausse.

Ce n'est pas une simple séparation des couleurs qu'on obtient dans le spectre; les rayons de couleurs diverses ne frappent pas les yeux seulement. En même temps que chaque rayon apparaît avec sa couleur propre, il se montre aussi avec toutes ses propriétés caractéristiques.

Dans le rayon de soleil se trouve de la lumière,

de la chaleur, des propriétés chimiques, etc. On retrouve cette lumière, cette chaleur, ces propriétés dans le spectre. Mais, tandis que dans le rayon de soleil tout est mêlé et confondu, et que les rayons divers forment une association où tout est en commun; dans le spectre, au contraire, les divers membres de cette association, séparés, apparaissent avec leurs propriétés spéciales. Ainsi, la lumière se trouve plus particulièrement localisée dans le jaune et la chaleur dans le rouge. Les propriétés chimiques appartiennent aux rayons violets, et la phosphorescence de certaines substances résulte de l'action du spectre obscur.

On ne s'est pas borné à l'étude du spectre solaire; pour faire une étude complète du phénomène, on a interrogé les spectres des lumières naturelles et artificielles.

On a reconnu que le spectre solaire et celui de chaque étoile est strié transversalement d'un grand nombre de raies répandues irrégulièrement sur toute la longueur de la bande colorée et présentant toujours les mêmes dispositions par groupes se rattachant chacun à une même couleur. — A chaque corps céleste lumineux par lui-même, correspond un système de raies qui le caractérisent; mais nos flammes artificielles ne présentent ces raies qu'autant qu'elles renferment des vapeurs métalliques. — Enfin, la combustion des métaux donne lieu à la production de raies brillantes différentes pour chaque métal et servant à le reconnaître. De là l'une des plus brillantes découvertes : l'analyse spectrale, qui permet de signaler dans un

corps composé, interposé dans une flamme, la plus légère trace de ses éléments composants, et de reconnaître, à l'inspection des spectres du soleil et des étoiles, la nature des corps qui constituent ces corps célestes.

X

LA CHALEUR ET LA LUMIÈRE

— N'y touchez pas, c'est brûlant! s'écrie la ménagère, au moment où vous allez saisir le plat déposé sur la table.

Rien, en effet, ne signale la chaleur à la vue dans les cas ordinaires. Il nous arrive à chaque instant de nous brûler en prenant notre potage, notre thé ou notre café. Le toucher seul nous fait sentir la chaleur, mais ne nous avertit pas.

Dans d'autres cas, au contraire, les yeux nous préviennent du danger. Lorsque le poêle est trop fortement chauffé il devient rouge et nous le voyons de loin. Si on le chauffe davantage, il passe à un rouge plus vif. Ce n'est plus alors par des *degrés* que nous estimons la température, mais par la couleur que prend le corps échauffé. L'échelle thermométrique se transforme en une véritable palette; on

ne dit plus la température est de 1000 *degrés*, mais qu'elle est *cerise clair ;* à 1300 *degrés*, c'est le *blanc,* et à 1500 c'est le *blanc éblouissant.*

A ces températures élevées, les degrés n'ont plus de signification bien précise ; les couleurs sont, au contraire, très-apparentes.

Non-seulement la diversité des couleurs, mais aussi celle des nuances d'une même couleur, fournissent une indication suffisante de la chaleur. On possède ainsi la gamme ascendante :

Rouge	Naissant. Sombre.
Cerise	Naissant. Franc. Clair.
Orangé	Foncé. Clair.
Blanc	Franc. Éblouissant.

L'accumulation de la chaleur a rendu le corps lumineux ; n'est-ce pas là un premier degré de parenté entre la chaleur et la lumière ?

Le mot *gamme* que nous venons d'employer fait image ; il nous porte à penser que la chaleur et la lumière sont comme les notes d'un même clavier : la chaleur représente les notes basses, la lumière les notes élevées. Les notes les plus graves correspondent à la chaleur obscure, les plus aiguës, à la lumière éblouissante. Le lien est donc bien plus étroit, bien plus intime entre la chaleur et la lumière qu'entre la lumière et le son.

Lorsqu'on compare les phénomènes lumineux aux phénomènes sonores, on trouve entre eux de nombreuses ressemblances, mais ce ne sont que des ressemblances de forme, de mode; une même manière d'agir de deux vibrations essentiellement distinctes. On peut grouper parallèlement les phénomènes lumineux et les phénomènes sonores, mettre les couleurs en regard des sons, considérer le spectre solaire comme un clavier, etc. Mais ce tableau ne fera que mieux ressortir ce fait que les deux groupes de phénomènes sont aussi distincts que l'oreille et l'œil qui servent à les percevoir. On pourra dire que l'audition est un toucher sonore, comme la lumière est un toucher lumineux; mais ce ne sont que des images propres peut-être à faire mieux comprendre les phénomènes, mais impuissantes à en faire saisir l'essence.

Il y a toucher dans le toucher proprement dit, dans le goût et l'odorat; hors de là, il y a communication d'un certain mouvement vibratoire, sans qu'on puisse savoir pourquoi tel ébranlement agit sur certains nerfs, tandis que d'autres y sont insensibles.

Si, entre la lumière et le son, il n'y a que ressemblance entre choses d'origines différentes, entre la chaleur et la lumière il y a presque identité ou au moins communauté d'origine.

Établissons d'abord les nombreux points de contact entre les phénomènes caloriques et les phénomènes lumineux :

La chaleur se propage dans l'espace ; comme la

lumière, elle rayonne du foyer jusqu'à nous, sans l'entremise de l'air.

Les rayons solaires nous apportent en même temps leur lumière et leur chaleur, la vitesse des deux sortes de rayons est donc la même.

La chaleur comme la lumière s'affaiblit à mesure que la distance au foyer augmente et dans la même proportion.

Les rayons lumineux ou calorifiques qui tombent d'aplomb sont plus intenses que les rayons obliques. C'est ce que montre le soleil dans sa marche apparente. — Au lever, lorsque ses rayons effleurent le sol, ils nous arrivent affaiblis, ils sont tout à la fois moins chauds et moins lumineux. A mesure qu'il s'élève, ses rayons tombent plus verticalement, la chaleur et la lumière augmentent. Enfin, lorsqu'il descend vers l'horizon pour se coucher, ses rayons, s'inclinant de plus en plus, deviennent en même temps moins chauds et moins lumineux.

Le plus ou moins d'obliquité des rayons solaires n'est pas la seule cause de leur plus ou moins d'intensité; il faut y joindre l'influence de la couche atmosphérique qu'ils traversent, et qui est d'autant plus épaisse que le soleil est plus près de l'horizon. Nous voyons par là, qu'en traversant l'air, la chaleur s'affaiblit tout comme la lumière.

En arrivant au contact des corps, les rayons de chaleur et de lumière rencontrent la même nature d'obstacles.

Ce sont tantôt des corps qui ne se laissent point pénétrer : les corps *opaques* et les corps *athermanes*. tantôt des corps qui se laissent traverser : les corps

transparents ou *diaphanes* et les corps *diathermanes*. Entre ces deux extrêmes, il y a tous les degrés.

Mais les mêmes corps ne sont pas en même temps et également accessibles à la chaleur et à la lumière.

A la surface des corps opaques et athermanes se produit le phénomène de la réflexion, dont les lois sont les mêmes pour la chaleur et la lumière.

L'absorption inégale des divers rayons lumineux par les corps, produit la couleur des corps ; des phénomènes analogues se produisent pour la chaleur.

La chaleur, comme la lumière, est décomposable en rayons de diverses qualités, qui correspondent aux rayons diversement colorés. Il y a un spectre calorique comme un spectre lumineux, ou plutôt un spectre unique dont les rayons, *soi-disant* obscurs, sont *surtout* calorifiques, tandis que les autres sont surtout lumineux.

Nous disons *surtout*, parce que les uns et les autres sont mêlés intimement, et qu'on ne peut réaliser qu'une séparation partielle.

De chaque corps émanent des rayons de lumière et de chaleur de qualités diverses et en quantité variable. Chaque corps peut être considéré comme une source de rayons colorés et calorifiques plus ou moins intenses, plus ou moins nombreux et plus ou moins variés.

Vous savez que des vitres de couleur ne laissent passer qu'une lumière de même couleur ; les vitraux des églises nous ont familiarisés avec ces effets. Le verre bleu, par exemple, peut être comparé à un tamis qui laissera passer les rayons bleus seulement,

tandis que les autres rayons colorés ne peuvent le traverser comme des grains trop gros pour les trous du tamis.

Derrière un verre bleu, mettez-en un second de même couleur, les mêmes rayons passeront; c'est le même grain et le même tamis. Le bleu sera même plus pur, car le second verre arrêtera les quelques rayons étrangers qui ont pu se mêler aux bleus.

Ce que nous disons du bleu peut s'appliquer à chaque couleur.

Maintenant, placez derrière le verre bleu un verre orangé, qui refuse absolument le passage aux rayons bleus : il ne passera plus rien; vous aurez réalisé l'obscurité à l'aide de deux verres transparents.

De même, derrière un verre rouge à travers lequel le rouge seul a passé, placez un verre vert, qui ne donne passage qu'au vert et refuse l'accès au rouge : il ne passera plus rien; vous obtiendrez l'obscurité.

Ces phénomènes se retrouvent encore dans des rayons de chaleur colorée avec des substances diathermanes, telles que le verre, l'alun, le sel, etc., et des sources de chaleur diverses; ce n'est plus l'obscurité que vous produirez, mais l'absence de chaleur; ce n'est pas votre œil qui appréciera, mais le thermomètre.

Citons encore ce fait curieux que présente le verre : la chaleur accompagnée de lumière le traverse, comme chacun sait; mais ce qu'on ignore généralement, c'est que la chaleur seule ne le traverse pas, de sorte que les cloches de verre dont le jardinier couvre ses jeunes plants sont de véritables

souricières pour prendre la chaleur. Celle-ci entre de compagnie avec la lumière qui lui en facilite l'accès; mais une fois dedans, sur la plante et sur le sol, elle n'en sort plus.

Les lumières artificielles et naturelles nous montrent que les rayons lumineux sont inégalement répartis dans chaque source lumineuse ; de même les sources de chaleur ne sont pas identiques ; celle qui provient de la lampe n'est pas la même que celle qui émane de l'eau chaude, et l'une et l'autre ne sont point semblables de tout point à celles que rayonne une plaque chaude de métal.

Sans doute, le même milieu *éthéré* propage, et la lumière et la chaleur; sans doute aussi le mode de vibration est unique, et les ondes lumineuses et caloriques diffèrent seulement en quantité, en qualité et non par leur nature.

Enfin, la lumière demande, pour se manifester à nous, un appareil spécial, l'œil ; la chaleur imprime son action en chaque point du corps, grâce au réseau nerveux qui y est en tout point répandu.

On pourrait trouver encore de nombreux points de similitude, poursuivre plus loin l'examen des deux ordres de phénomènes. On arriverait sans doute alors à trouver ce qui différencie la chaleur et la lumière, après avoir trouvé ce qui les rapproche. Nous approchons peut-être du moment où on va pouvoir dire en quoi diffèrent la lumière et la chaleur.

HISTOIRE NATURELLE

LA VIE D'UNE PLANTE

I

CE QUE RACONTE UNE BUCHE

J'allais la mettre au feu, je la tenais déjà dans la main, lorsque mon attention fut éveillée par le dessin régulier que j'aperçus dans la section de la bûche. La petite Suzanne, ma nièce, le jeune Edmond, mon neveu, étaient là tout près qui se chauffaient. Ils me demandèrent ce que je regardais.

Je leur montrai ces cercles réguliers et concentriques qui vont grandissant du milieu à l'écorce, marquant la limite des couches de bois successives, puis les rayons qui traversent les couches du centre à la circonférence.

En regardant de près, on voyait que ces couches n'avaient pas la régularité qu'on aurait pu leur supposer au premier coup d'œil. Il y en avait de larges et d'étroites disposées sans ordre; toutes n'étaient pas également distinctes; toutes étaient plus minces

d'un même côté, plus épaisses sur le côté diamétralement opposé.

— Vois-tu, Suzanne, dis-je à l'enfant, tu vas grandir et grossir, chaque année tu augmenteras en long et en large, seulement on ne pourra pas distinguer ce qui s'est ajouté d'une année à l'autre. Pour les arbres, c'est autrement. On sait de combien ils ont grossi chaque année.

— Oh! que c'est drôle, fit Suzanne; et elle se mit à rire.

— Elle trouve tout drôle, reprit Edmond d'un air important.

— Chaque couche, continuai-je, est l'œuvre d'une année. La vie de l'arbre se retrouve là presque tout entière, chaque événement a laissé sa trace. Dans ce bois mort, la sève, ce sang végétal, a circulé, s'élevant des racines aux feuilles, descendant des feuilles aux racines.

Les deux enfants s'étaient déjà sauvés.....

Nourri par ce liquide, l'arbre s'est accru chaque année d'une couche, de sorte que, si l'on compte les couches, on a le nombre des années de la vie de l'arbre. Si la tranche de l'arbre renferme trente couches, cela fait trente ans. La première branche est-elle née la seconde année de la naissance de l'arbre? elle renfermera deux couches de moins, soit vingt-huit; ainsi chaque branche montrera, comme le tronc, son âge par le nombre de ses couches et fera connaître à quelle année de la vie de l'arbre elle a pris naissance.

Ceci était connu même avant Montaigne, qui raconte, dans son *Voyage en Italie* (1581), qu'un ou-

vrier, homme ingénieux et fameux à faire de beaux instruments de mathématique, « lui enseigna que tous les arbres portent autant de cercles qu'ils ont duré d'années, et le lui fit voir dans tous ceux qu'il avait dans sa boutique, travaillant en bois. »

Il existe au Jardin des Plantes, à Paris, une portion du tronc d'un hêtre qui porte sur son écorce et dans l'épaisseur de ses couches la date 1750. Cinquante-cinq couches ont recouvert la première inscription et marquent le temps écoulé entre 1750 et 1805, époque où l'arbre fut abattu.

Ce n'est pas seulement le corps du tronc, le bois qui se développe ainsi, la peau du tronc, l'écorce s'épaissit de la même manière par couches successives mais plus minces.

L'arbre grossissant fait éclater son écorce comme un vêtement devenu désormais trop étroit, elle tombe par fragments plus ou moins étendus. Le platane, par exemple, perd chaque année une épaisseur notable de son écorce. Chaque fragment qui se détache porte l'empreinte de la portion du tronc qu'elle recouvrait.

Naturellement les couches de l'écorce sont, d'une part, moins distinctes parce qu'elles sont plus minces ; d'autre part, moins nombreuses que celles du tronc parce qu'un certain nombre d'entres elles se détachent.

Mais la bûche ne nous dit pas seulement son âge : voici des couches très-larges qui indiquent une année fertile pendant laquelle l'arbre s'est copieusement nourri et bien porté. Le soleil l'a caressé de ses plus chauds rayons, les pluies abondantes ont facilité sa

nutrition en dissolvant les corps solides répandus dans le sol et qui forment une partie des aliments du végétal. Voici des couches minces qui annoncent une année de disette, de sécheresse et de froid. Le soleil s'est montré rarement, les vents du nord ont soufflé, les pluies ont été rares. Les couches sont là, disposées dans l'ordre des années bonnes ou mauvaises, de sorte que, connaissant la date de la mort de l'arbre, on peut former le tableau des saisons douces ou rigoureuses en plaçant les dates en regard.

Ce n'est pas tout encore. Montaigne ajoute dans le passage cité plus haut et en parlant du même ouvrier : « Et la partie qui regarde le septentrion est plus étroite, et a les cercles plus serrés et plus denses que l'autre. Par ce, il se vante, quelque morceau qu'on lui porte, de juger dans quelle situation poussait l'arbre. »

Et, en effet, d'un côté de l'arbre, toutes les couches sont plus étroites que du côté diamétralement opposé. Une des faces est exposée au contact des vents froids et la vie s'y trouve ralentie ; l'autre, au contraire, abritée et recevant les rayons solaires les plus intenses et les plus nombreux, se trouve plus développée. On peut donc reporter la bûche à la forêt et la planter comme elle y poussait.

Ainsi, la bûche est un cadavre qui montre dans son corps les traces du bien-être et des souffrances que l'arbre a éprouvées; elle porte gravés dans sa chair les principaux épisodes de sa vie. L'arbre aussi a lutté pour vivre : pendant que ses racines fouillaient la terre tout à la fois comme des bouches,

des mains et des yeux, sa tête feuillue se baignait dans l'atmosphère. Mais, fixé sur le sol, au point même où il naquit, l'arbre n'a pu, comme l'animal, en changeant de milieu, modifier les conditions de son existence.

II

LES FEUILLES

On sait l'impression de tristesse profonde que fait éprouver, à l'approche de l'hiver, la chute des feuilles. Il semble, en effet, que la vie abandonne la terre : les hommes rentrent dans leurs foyers en même temps que « de la dépouille de nos bois, l'automne jonche la terre. »

La feuille n'est pas morte tout à coup ; elle était verte d'abord, et, depuis le vert le plus foncé jusqu'au jaune le plus intense, elle a parcouru la gamme des tons doux et harmonieux qui donne un si grand charme au paysage d'automne.

Si ce n'est la mort de l'arbre, c'en est au moins l'apparence. Une fois les feuilles tombées, la terre paraît nue, dépouillée, et les arbres ressemblent à des êtres inanimés. En réalité, ils sont plongés dans une sorte de léthargie dont ils ne sortiront qu'aux

premiers rayons du soleil nouveau. Peu à peu, le froid a ralenti l'activité vitale, les racines ne se sont plus imprégnées de l'eau nourricière, la sève s'est en quelque sorte figée; mais l'arbre n'est pas mort, pas plus que nous quand nous sommes évanouis ou en léthargie. La vie n'est que suspendue, comme le mouvement dans une horloge montée dont le balancier est immobile.

Dans les pays chauds, les arbres fournissent constamment des feuilles nouvelles, des fleurs et des fruits. L'été y est éternel; mais les peuples qui vivent dans ces contrées n'ont pas le printemps, ce réveil de la nature, ce charme de l'année.

Nous possédons aussi des arbres toujours verts; les pins, les sapins, etc., que le froid n'endort pas, chez lesquels la vie n'est point suspendue, et dont les feuilles se renouvellent sans cesse. Pour ces espèces, *la chute des feuilles* n'a pas lieu.

La feuille joue donc un rôle important dans l'existence du végétal, puisque sa présence signale le réveil de la vie, et son absence, l'apaisement des fonctions vitales, la mort apparente!

L'analogie va nous guider. Lorsque le sommeil nous gagne, la circulation, la respiration se ralentissent, et d'autant plus que le sommeil est plus profond. Si nous tombons en syncope ou en léthargie, ces deux fonctions sont suspendues.

Mais, de ces deux fonctions, la respiration est pour ainsi dire plus extérieure, les signes en sont plus apparents, aussi est-ce celle qui nous frappe le plus. Nous approchons instinctivement l'oreille des lèvres d'une personne endormie, si nous voulons

nous assurer de son sommeil ou si nous avons quelque inquiétude. L'examen de la circulation ne vient qu'après.

Les feuilles sont aussi la manifestation extérieure de la respiration végétale, c'est surtout par ces organes que s'accomplit cette fonction. Lorsque le végétal s'éveille de son long et profond sommeil, la sève court dans ses vaisseaux, et bientôt après les bourgeons naissent et se développent. Il respire alors, par ces parties vertes, les feuilles, qui en sont tout à la fois les bouches et les poumons.

Quelle variété dans la forme, la disposition, la constitution de la feuille! En général, elle est composée d'une partie plane (*limbe*), soutenue ou non par une petite tige (*pétiole*) qui se ramifie pour former la charpente du limbe. — Tantôt elle est charnue et ample, tantôt maigre et effilée. — Ses contours sont tantôt unis, tantôt découpés plus ou moins profondément; de là, des bords dentés, dentelés, crénelés, lobés, etc. — La forme générale rappelle celle d'un cœur ou d'une lance ou d'une aiguille, etc. — Les nervures se ramifient à la manière des branches d'un arbre dans tout un groupe de végétaux (*dicotylédonés*); elles sont parallèles comme les barbes d'une plume dans un autre groupe (*monocotylédonés*); elles ne présentent ni l'une ni l'autre de ces particularités dans le troisième et dernier groupe (*acotylédonés*).

Les deux faces de la feuille ne sont pas semblables. Examinez au microscope celle qui regarde le sol, vous y verrez des milliers de petites ouvertures en forme de boutonnières à demi ouvertes. Ce sont

les bouches. Par là, elles puisent dans l'air l'acide carbonique qui s'y trouve mêlé, elles s'approprient le carbone et rendent l'oxigène.

Elles respirent ainsi pendant le jour seulement, sous l'action de la lumière, et plus particulièrement sous l'influence de certains rayons lumineux. Au contraire, pendant la nuit, les mêmes feuilles agissent d'une manière tout opposée, c'est-à-dire qu'elles prennent à l'air son oxigène et rendent de l'acide carbonique à la manière des animaux. L'écorce, la fleur surtout, en un mot, les parties non vertes agissent toujours comme les feuilles pendant la nuit.

Ces faits ont été constatés par des expériences nombreuses et précises. Des plantes ayant été enfermées sous une cloche renfermant de l'acide carbonique et exposée à la lumière, on a constaté la disparition de l'acide carbonique; au contraire, la cloche renfermant de l'air et mise dans un lieu obscur, on y a trouvé, au bout d'un certain temps, de l'acide carbonique.

Les plantes exhalent donc, outre les parfums de leurs fleurs qui agissent sur le système nerveux, l'acide carbonique qui vicie l'air que nous respirons.

Des malaises fréquents, dont la cause échappe au premier abord, sont dus à la présence gracieuse et funeste des fleurs et des plantes dans les appartements.

La respiration végétale montre l'influence de la lumière, non-seulement sur l'aspect des plantes, mais sur leur constitution. Aussi les végétaux semblent-ils, de tous les corps, les plus sensibles à l'ac-

tion de la lumière, les plus soumis à sa douce et salutaire influence.

La graine, tombée par mégarde dans une cave, et qui vient à germer, donne naissance à une plante qui ressemble en tous points à ces jeunes enfants chétifs, dont les chairs pâles et flasques accusent une débilitation profonde.

Ce végétal maladif se guérit lui-même; il cherche la lumière; il tend de tous ses efforts vers le soupirail; sa tige s'allonge pour l'atteindre, et, s'il parvient au jour, il ne souffre plus. La lumière le colore en même temps qu'elle le fortifie.

Il suffit d'avoir un pot de fleurs dans une pièce éclairée d'un seul côté pour observer cette tendance des plantes à se diriger vers la lumière. Sur la cheminée de mon cabinet de travail se trouve actuellement une jacinthe dont la hampe s'incline vers la croisée. De temps à autre, je contrarie cette tendance, et je rétablis la verticalité en faisant faire au support une demi-révolution.

Il est presque inutile de citer l'effet produit par la lumière sur les plantes qui portent le nom générique de *tournesol*, et qui doivent ce nom à la curieuse propriété qu'elles possèdent de se tourner vers le soleil pendant tout le cours de la journée, de sorte qu'elles en suivent les mouvements. Ainsi l'*hélianthe* (fleur du soleil), l'*héliotrope* (qui tourne vers le soleil).

En rapprochant les phénomènes de la respiration végétale et ceux de la respiration animale, on a été conduit à considérer ces deux actes comme complé-

mentaires, et à regarder l'atmosphère comme le lien qui unit les deux règnes.

On sait, en effet, que chaque animal en respirant introduit de l'air dans ses poumons, et que l'oxygène de cet air brûle le carbone du sang. Notre corps fonctionne comme un foyer où le carbone en brûlant produit une chaleur de 36 degrés. Les aliments font les frais du combustible ; la chair, les fruits, les légumes renferment en effet du carbone.

Directement ou indirectement, le charbon vient des végétaux. Les éléments de l'herbe qu'a broutée le mouton passent, sous forme de chair, dans notre corps. Les principes qui constituent une plante passent dans le corps de l'insecte qui s'en nourrit ; de là dans le corps de l'oiseau qui dévore l'insecte, et enfin dans notre corps après ces nombreux voyages.

D'ailleurs, nous ne conservons pas ce carbone, c'est un emprumt. Nous le rendons, sous une autre forme, aux végétaux qui nous l'ont pour ainsi dire prêté. Il y a donc un échange permanent des mêmes matériaux entre le règne végétal et le règne animal ; mais il est difficile d'affirmer que les effets de la respiration végétale contrebalancent ceux de la respiration animale. Car, si la respiration des végétaux, pendant le jour, produit un effet contraire à celle de ces mêmes végétaux pendant la nuit, on ne saurait cependant conclure que les deux effets se neutralisent d'eux-mêmes. Il faudrait, pour cela, d'abord, qu'il y eût égalité entre les jours et les nuits ; ensuite que l'énergie vitale fût la même pendant le jour et pendant la nuit.

Mais il importe peu que l'union s'établisse entre

les règnes de la nature par une voie ou par une autre. Deux roues dentées d'une horloge peuvent sans doute, se trouver en rapport direct ; leurs dents peuvent s'engager les unes dans les autres ; les liens qui les unissent sont plus étroits, mais l'harmonie existe pour l'horloge entière et non pour deux éléments voisins.

Si, jusqu'à présent, on a cru à tort que les effets de la respiration végétale contrebalancent et neutralisent ceux de la respiration animale, ce n'est pas une raison pour en conclure que d'autres liens n'enchaînent point les êtres vivants, et même que l'atmosphère ne soit un des principaux. C'est la vie du végétal tout entière qui est liée à celle de l'animal ; l'harmonie n'est pas établie pour un acte seul, mais pour tous les actes de la vie animale et végétale.

III

CE QUE C'EST QU'UNE FLEUR

L'éclat, la primeur, l'élite de certaines choses, c'en est la fleur. On a la fleur d'un objet lorsqu'on le voit, qu'on le sent ou qu'on le goûte le premier; et telle femme est la fine fleur de la grâce lorsqu'elle est gracieuse entre toutes. Quelles comparaisons étaient plus propres à devenir populaires que celles qui ont leur source dans la fraîcheur, la couleur, le parfum et la durée si courte des fleurs? Quoi de plus naturel que de dire : *Fraîche comme une rose*, ou, avec Malherbe :

Et rose, elle a vécu ce que vivent les roses.....

Comme on est mal venu après cela de dire aux gens avec un certain air pédant : « Ce que vous appelez *fleur* n'est pas la fleur. Ce que les botanistes désignent sous ce nom *est une rosette de*

feuilles modifiées et portées sur un axe raccourci. Et je ne choisis pas une définition des plus abstraites, car je pourrais vous donner celle-ci : *La fleur est formée des organes propres à la reproduction du végétal, réunis ou isolés, protégés ou non par des feuilles modifiées dans leur forme et dans leur couleur.* »

Cependant, il faut dire que les botanistes ont raison et que le monde a tort. Si une fleur est pour vous un objet charmant, une parure ou un ornement, une jouissance des yeux ou de l'odorat, il en va résulter que vous déshériterez de fleurs bien des végétaux. Tous n'auront pas, en effet, à vous offrir des fleurs à corolles brillantes et parfumées. Il en est des fleurs comme des femmes, toutes n'ont pas la beauté, la grâce et le charme en partage.

Disons que la fleur ne serait qu'imparfaitement connue si l'on se bornait à la définition qu'en donne le monde. La partie brillante est, pour le végétal, la moins utile. C'est dans l'intérieur de ce nid charmant qu'il faut aller chercher les petits organes délicats qui accomplissent un merveilleux travail. Voyez cette tige frêle et déliée qui s'élève du sein de la fleur et se montre quelquefois au dehors, comme dans le fuchsia. C'est le *pistil*, une sorte de tube très-effilé qui s'ouvre à la partie supérieure, se renfle au bas dans l'intérieur de la fleur, et dans ce renflement, qu'on nomme l'*ovaire*, sont contenus les œufs ou les *graines*, comme il vous plaira de les appeler. Autour du pistil sont groupés les *étamines*, autres tiges fines, délicates, qui portent à leurs extrémités des petits sacs (*anthères*) pleins

d'une poussière de couleur variée (*pollen*). Pistil et étamines, voilà les parties essentielles de la fleur. Le reste c'est l'enveloppe, l'appareil protecteur.

Lorsque le moment est venu pour un végétal, les petits sacs s'ouvrent d'eux-mêmes; le pollen tombe sur le pistil, descend le long du tuyau et arrive aux graines qu'il féconde. Alors tout se flétrit, sauf l'ovaire, qui grossit de plus en plus et qui devient le *fruit*.

Coupez les étamines avant leur maturité, les graines ne seront pas fécondées, l'ovaire ne grossira pas, vous n'aurez pas de fruit.

Toutes les fleurs n'ont pas, réunis dans leur sein, étamines et pistil. Il y a des végétaux dont certaines fleurs ne portent que des étamines, tandis que d'autres n'ont que le pistil. Tantôt elles se trouvent sur la même plante comme il arrive pour le ricin, le houblon, etc., tantôt sur des plantes distinctes et de la même espèce, le chanvre, le palmier-dattier, par exemple. Mais quand un arbre n'a que des fleurs staminées, on peut être assuré qu'un autre arbre de la même espèce n'a que des fleurs pistillées.

Qui se charge alors du transport du pollen? Tantôt le vent le porte sur ses ailes, et le pollen s'arrête précisément sur les pistils qui l'attendent. Tantôt c'est un insecte qui se roule au milieu des étamines, s'enfarine, pour ainsi dire, de pollen et vient après, agent fidèle d'une volonté qu'il ignore, dormir dans la fleur qui contient le pistil. C'est souvent à de grandes distances que le vent transporte la poussière fécondante, quelquefois à travers

des bras de mer. Le pollen n'est point perdu ; les pistils le happent au passage.

Les Babyloniens avaient l'habitude de secouer les branches fleuries des dattiers staminés au-dessus des fleurs des datiers pistillés. En 1800, la récolte des dattes manqua en Égypte, l'invasion de l'armée française ayant détourné les habitants du pays de leurs soins accoutumés. Les Égyptiens, comme les Babyloniens, pratiquaient la *fécondation artificielle* à l'égard des dattiers, comme on vient de le faire tout récemment avec la vigne.

On raconte que dans une serre de Berlin fleurissait un palmier nain pistillé ; mais il ne donnait pas de fruit, condamné qu'il était à un célibat forcé. Un palmier staminé se trouvait alors à Carlsruhe. Le botaniste, propriétaire du premier palmier, l'apprend. Il écrit et prie qu'on lui envoie du pollen par la poste. Le pollen arrive, le botaniste saupoudre ses fleurs, et plus tard il cueille des dattes.

Voici qui est plus curieux ! Bernard de Jussieu avait au Jardin des Plantes deux pistachiers pistillés. Chaque année ils avaient des fleurs, mais ne portaient pas de fruits. Un beau jour, le savant aperçoit des fruits. Il cherche le séducteur invisible, s'enquiert de tous côtés, et apprend bientôt qu'un pistachier staminé avait fleuri dans une pépinière proche du Luxembourg. Les vents étaient complices de cette mystérieuse affaire.

Vous raconterai-je encore toutes les difficultés que semble s'être proposées la nature afin de les vaincre par toute sorte de détours ingénieux ? comment, dans des fleurs pendantes, le pistil est souvent

plus long que les étamines, pour qu'il reçoive le pollen qui tombe de celles-ci ; comment, dans les plantes à fleurs organe unique portées sur le même pied, les fleurs à étamines sont au-dessus de celles à pistil? Croiriez-vous qu'il y a des étamines qui se recourbent pour se rapprocher du pistil, l'éclabousser de leur pollen, ou le pistil lui-même qui se porte au-devant des étamines? Et les fleurs dont la température s'élève au moment de leur fécondation !

Mais rien ne saurait l'emporter en intérêt sur ce qui se passe chez les fleurs aquatiques, car ici il fallait éviter que le pollen ne se perdît dans l'eau. La fleur de la renoncule aquatique s'épanouit ordinairement hors de l'eau. Mais s'il arrive qu'elle ne puisse sortir du liquide, elle ne s'épanouit pas. Seulement le bouton se gonfle, s'emplit d'air, et c'est dans ce ballon improvisé que se passent les choses.

Et qu'est ceci auprès de l'hymen de la *vallisnérie spirale?* Cette curieuse plante porte des fleurs à organe unique. Celles à pistil seules sont sur des tiges volubiles. Lorsque le moment est venu, la tige volubile se déroule et les fleurs pistillées se montrent hors de l'eau. En même temps les fleurs à étamines se détachent et viennent nager à la surface. Le mystère s'accomplit, et la fleur fécondée regagne son humide demeure.

On comprendra maintenant pourquoi le botaniste voit dans la fleur autre chose que ce qu'y voit tout le monde. Combien ces petits êtres qu'elle renferme sont plus intéressants que leur nid brillant et par-

fumé. Ce sont les étamines et le pistil qui constituent la fleur, qu'ils soient réunis ou séparés. La *corolle*, cette enveloppe de feuilles colorées nommées *pétales*, bien qu'elle ait son charme, n'est qu'une parure ou une protection; le *calice*, cette seconde enveloppe enfermant le tout, formée de feuilles plus résistantes, les plus souvent vertes, les *sépales*, est un abri plus sûr, car il contient les œufs.

Et voilà comment de l'extérieur à l'intérieur, on trouve successivement dans une fleur complète : un calice, une corolle, des étamines, un pistil.

« Sais-tu, ma chère, dit l'héroïne d'une charmante nouvelle de Mérimée, intitulée l'*Abbé Aubain*, sais-tu que les plantes se marient?... On appelle les unes *phanérogames*, si j'ai bien retenu ce nom barbare. C'est du grec qui veut dire mariées publiquement, à la municipalité. Il y a ensuite les *cryptogames*, mariages secrets. Les champignons que tu manges se marient secrètement. Tout cela est fort scandaleux. »

IV

LE FRUIT ET LA GRAINE

« Ils fleuriront de la terre comme l'herbe des champs, » dit le Psalmiste en parlant des morts.

Cette pensée me revenait en mémoire au sortir de la plaine silencieuse où sont couchées tant de dépouilles. Quelle plus douce consolation pour celui qui a laissé là l'objet de ses plus tendres affections, que d'espérer que tout n'est pas perdu pour lui; qu'il y a un asile où l'on se retrouve, un séjour de calme et de sérénité après les agitations et les luttes du monde! Aussi, malgré toutes leurs défiances, les hommes s'attachent-ils de toutes leurs forces à ce dogme consolant.

Et, tout naturellement, j'ai songé à ces longs sillons creusés dans les campagnes et où le laboureur enterre des morts apparents qui ressusciteront à la saison prochaine. Les graines, ces œufs des plantes,

sont déposés presque sur la terre ; à peine sont-elles recouvertes d'une légère couche, et bientôt la vie va poindre et se développer dans cet être inconscient.

Le pollen, en tombant sur les graines, leur a permis de mûrir. C'est alors que le fruit s'est développé.

L'enveloppe des graines (*l'ovaire*) a grossi, s'est gonflée de sucs, a quitté sa couleur verte, pour prendre les teintes pourpres, jaunes ou dorées du fruit mûr.

D'un bel aspect, d'une saveur agréable, ce fruit n'était pourtant que le berceau des graines; la nature, avant tout, s'est préoccupée de la conservation de l'espèce : c'est pour la graine que tout a été préparé, et la fleur, et le fruit.

Que de formes, de couleurs, de saveurs, de grosseurs variées dans les divers fruits ! Quelles différences entre le melon et le raisin, entre la poire et l'orange ! Et dire que cette diversité si grande est le résultat des combinaisons d'un petit nombre d'éléments toujours les mêmes !

Le fruit a une peau (*épicarpe*), un épiderme recouvert d'un duvet délicat que le moindre contact altère. Cette peau recouvre la chair (*sarcocarpe*), et enfin une partie interne (*endocarpe*), tantôt cornée, comme dans la poire et la pomme, tantôt ligneuse, comme dans la cerise et l'abricot, et formant alors ce que nous appelons le noyau.

Dans ce dernier abri se trouve la graine, l'œuf fécondé, enveloppée quelquefois dans un duvet soyeux, comme celui qui forme le coton, la graine

d'où sortira la plante, d'où naîtront des milliers de plantes, toute une génération dont la vie est à l'état latent dans ce petit être.

Plantez un érable dans une plaine nue, et lorsque le vent dispersera ses graines ailées, une forêt d'érables enfants surgira comme par enchantement, et la plaine en sera bientôt couverte comme la Gaule au temps des Druides. Tous ces érables sont sortis d'un seul, sorti lui-même d'une seule graine qui portait en elle cette merveilleuse source de vie.

La graine a une peau (*épisperme*), comme le fruit, comme nous-mêmes, qui recouvre sa chair (*amande*). C'est la peau du blé qui fournit le son, et la chair la farine.

La peau a aussi son épiderme et son derme, soit soudés comme il arrive dans le blé, soit distincts, comme dans la châtaigne, où l'on voit l'une épaisse, de couleur *marron* ou *châtain*, l'autre fine et adhérente à la chair.

Observez une fève, un marron, un pois, vous verrez à la surface le point (*hile* ou *ombilic*) par lequel le jeune être recevait la nourriture dans le sein maternel, c'est-à-dire le fruit auquel un lien (*funicule*) l'unissait.

Regardez de plus près, quelquefois à l'aide du microscope : voici, dans l'intérieur, dans la chair de la graine, l'enfant lui-même (*embryon*), un végétal en miniature, plus qu'une miniature, un végétal que l'on regarderait avec une lunette, qui produirait une diminution proportionnée à l'amplification du microscope. On y voit la racine (*radicule*), la tige (*tigelle*), le bourgeon naissant (*gemmule*).

Semez des fèves dans quelques pots à fleur, venez chaque jour épier le développement du végétal microscopique. Bientôt l'humidité de la terre aura gonflé et ramolli les tissus; si l'air pénètre à travers les fissures du sol jusqu'à la graine, si la chaleur est assez grande, si quelques rayons lumineux lui arrivent, vous les verrez se diviser en deux moitié (*cotylédons*), qui forment le magasin de réserve de la jeune plante; les cotylédons peuvent être charnus, oléagineux, foliacés, etc.

C'est de là, le plus souvent, qu'elle tire sa nourriture; aussi, à mesure qu'elle se développe, ces organes se dépouillent, se flétrissent et finissent par disparaître complétement. Pendant ce temps, le jeune végétal a grandi, s'est fortifié; il peut maintenant se nourrir tout seul.

Un certain nombre d'insectes assurent, avant de mourir, la vie à leur progéniture, en plaçant à côté un fonds de nourriture. La mère ne verra pas l'enfant qui naîtra incomplet et chétif mais instinctivement elle a mis précisément en réserve la somme d'aliment nécessaire à son complet développement.

Les petits des oiseaux naissent aussi inachevés; ils sont nus et sans forces; mais la mère est là qui veille sur eux, les protége contre le froid et la faim. Les plumes poussent, les forces viennent, et ils s'envolent hors de leur nid.

Chez les animaux supérieurs, le petit réclame des soins plus nombreux, plus variés, plus vigilants. La vie en commun est de plus longue durée; l'assistance est continue; c'est le commencement de l'affection.

Enfin chez l'homme, les soins sont de deux natures, le développement moral marche de concert avec l'accroissement physique. Les liens qui l'unissent à ses parents ne sont plus seulement matériels, la famille n'est pas une agrégation fondée sur l'égoïsme seulement. L'affection, la tendresse, la reconnaissance, les besoins du cœur, en un mot, se sont manifestés.

Ainsi la vie se complique à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des êtres, et le côté moral prend de plus en plus d'importance.

En même temps, on reconnaît qu'un individu, végétal ou animal, n'est pas un être isolé. Il fait partie d'une longue série dans laquelle chacun porte les qualités et les défauts de la race ; quelquefois les qualités se réunissent en plus grand nombre sur un être de la série ; c'est alors le grand végétal ou le grand homme de la race ; d'autres fois, ce sont les défauts qui accablent l'un d'eux, et la fin de la série approche.

HISTOIRE NATURELLE

LES CINQ SENS



LA PEAU ET LE BAIN

I. — La Peau.

Il semble au premier abord que les mains soient seules exposées à se salir, parce qu'elles nous servent à saisir les objets, et que le visage et le corps, plongeant dans l'air et plus ou moins abrités par les vêtements, n'aient point à souffrir de souillure.

Mais l'air, malgré sa transparence et sa couleur bleue si pure, n'en est pas moins un vaste réceptacle où se trouvent des débris de tous les êtres et de tous les objets, des vapeurs de tous les liquides, des gaz et des miasmes de toute nature, des germes innombrables de végétaux et d'animalcules microscopiques.

L'atmosphère des villes est comme une mare où se dépose un épais limon que les tempêtes atmosphériques balaient difficilement.

Voulez-vous voir la poussière en suspension dans l'air? Fermez les volets de votre chambre; ne laissez pénétrer qu'un rayon de soleil dans la pièce obscure, et observez maintenant sur sa route lumineuse les myriades de corpuscules d'une extrême ténuité qui viennent tour à tour se baigner dans la lumière.

Armez-vous d'un verre grossissant, et vous reconnaîtrez les débris à leur grosseur, à leur couleur, à leur forme, à leur nature; la laine du tapis, la soie des vêtements, le bois du parquet, le plâtre du plafond, sont là mêlés et confondus. Cette même poussière, venant à se déposer sur notre peau plus ou moins moite, la salit rapidement.

La peau enveloppe le corps tout entier, non-seulement le dehors, mais le dedans. Elle tapisse l'intérieur du nez, de la bouche, pénètre en se repliant dans toutes les cavités du corps. Nous en avons plus d'un mètre carré.

La peau ne peut être malade sans que tout le corps y soit intéressé; soigner sa peau, c'est se soigner tout entier. Mais pour la bien soigner, il faut la connaître.

Deux couches superposées forment la peau : celle de dessus ou l'*épiderme;* celle de dessous ou le *derme*. Entre les deux se trouve le pigment ou matière colorante.

Le derme est sensible, grâce au réseau nerveux

qui s'y épanouit; ce réseau, ou filet à mailles microscopiques, est un assemblage de houppes nerveuses infiniment petites et en nombre infini.

L'épiderme est insensible. Il est formé de lamelles ou petites plaques superposées comme les écailles du poisson ou comme les ardoises des toits, de manière à former une enveloppe continue qui protége le derme.

Ces lamelles se soudent d'abord, puis se dessèchent, tombent et se renouvellent constamment, en sorte que l'enveloppe de notre corps se reproduit sans cesse et d'autant plus activement que nous sommes plus jeunes.

Chez certains animaux, comme les serpents, la peau se détache tout d'une pièce lorsque le serpent, ayant grossi dans son enveloppe, la brise comme un vêtement trop étroit.

Plus le derme a besoin de protection, plus l'épiderme se développe : ainsi la main de l'ouvrier, soumise à un fréquent et rude exercice, devient calleuse. A mesure que l'épiderme se développe, la sensibilité du toucher s'efface. L'ouvrier peut toucher impunément les corps rugueux ou brûlants. Par contre, une main inactive, protégée par des gants contre les intempéries, le contact de l'air et des objets extérieurs, assouplie par l'usage de corps gras, en un mot la main d'un riche oisif acquiert une délicatesse extrême et le toucher devient alors presque une souffrance.

Certaines parties de la peau sont recouvertes de poils : c'est une nouvelle protection ajoutée à l'é-



piderme. Mais alors le toucher s'exerce moins directement et il est par conséquent moins délicat : les animaux à fourrure ont peu ou point de tact, à plus forte raison les poissons, les serpents dont le corps est recouvert d'écailles, les écrevisses enveloppées d'une croûte calcaire en sont-ils dépourvus.

L'humidité, les corps gras sont nécessaires pour entretenir la souplesse de la peau ; autrement elle se gerce, se brise, se fendille. Aussi de nombreux petits sacs disséminés sous l'épiderme versent-ils constamment, les uns la sueur, les autres la matière grasse.

Nous ne voyons la sueur qu'autant qu'elle se répand en goutelettes nombreuses à la surface du corps; mais il s'en produit constamment sur toute l'étendue de notre peau. Le croirait-on? nous perdons en *sueur invisible* presque autant que nous gagnons par l'alimentation. Au bout de vingt-quatre heures, après avoir absorbé un poids notable d'aliments de toutes sortes, le corps d'un homme adulte n'a pourtant pas varié d'une manière appréciable. Cela est facile à comprendre : *nous perdons en vingt-quatre heures un kilogramme d'eau* (un litre) *par la peau ;* ajoutez-y *un demi-kilogramme* que nous perdons *par les poumons ;* en tout *un kilogramme et demi.*

Vous pouvez vous faire une idée de ce que peut faire perdre la *sueur* visible, celle qui perle sur notre front à la suite d'une course rapide ou d'efforts répétés, surtout pendant l'été. Ce n'est plus un kilogramme par vingt-quatre heures, mais cinq, six et quelquefois davantage. Aussi l'ouvrier qui

dépense beaucoup d'efforts a-t-il besoin d'une nourriture abondante, surtout en aliments solides.

Vous êtes maintenant convaincus de l'importance des fonctions de la peau.

II. — Le Bain.

L'importance de la peau fait celle du bain.

A l'origine, le bain a été une mesure de propreté, et c'est vraiment par ce côté qu'il est hygiénique. Les anciens l'avaient bien compris; le bain jouait un grand rôle dans leur existence.

A Sparte, la population tout entière se baignait et nageait dans de vastes bains publics.

Il y eut à Rome, à une certaine époque, sept thermes ou bains publics, dont quelques-uns étaient plus grands que la place de la Concorde. On y pouvait jouer à la paume, s'exercer à la lutte. Il y avait des promenades, des salles de conversation comme dans nos casinos d'aujourd'hui. Tout cela était fort bien entendu.

Si l'on ajoute que le climat de la Grèce et de l'Italie permet l'usage de vêtements plus légers et moins nombreux, on conviendra que les fonctions de la peau devaient très-bien s'accomplir.

Combien notre corps est plus mal tenu! Le climat est déjà un premier obstacle, le nombre des vêtements, un autre obstacle. Par cela même que notre peau est plus abritée, elle est devenue plus

irritable ; nous sommes bien plus sensibles que les anciens au contact de l'air et aux variations de la température. Portez le moins possible de vêtements, choisissez les étoffes légères. Un vêtement n'est pas plus chaud parce qu'il est plus lourd.

Mais revenons au bain, et d'abord au bain froid. Certaines personnes se demandent si elles doivent en faire usage et dans quelle mesure. Nous leur répondons : Ce bain est bon pour vous, si l'eau n'est pas trop froide. Si vous êtes jeune, vigoureux et bien portant. Si vous nagez ou si vous vous agitez dans l'eau. Si le bain est de courte durée.

En entrant dans l'eau, vous serez suffoqué, vous grelotterez, vous aurez la chair de poule, votre respiration sera gênée, vos traits se contracteront, car le sang sera violemment refoulé à l'intérieur.

Bientôt après, si vous faites de l'exercice, une réaction se produira; vous sentirez vos forces renaître, le séjour de l'eau vous sera agréable. Puis, une seconde réaction se produira, le froid se fera de nouveau sentir et marquera la limite de votre séjour dans l'eau ; alors il faudra sortir.

Le bain froid sera mauvais si vous avez quelque maladie de la peau. Si vous avez la goutte. Si vous êtes délicat, nerveux à l'excès : — avis aux femmes; — Si vous êtes âgé et débile.

— A quelle température le bain froid est-il bon?

— C'est à vous qu'il faut le demander. Vous en jugerez mieux par l'impression que vous ressentirez que par un thermomètre. Cependant on indique habituellement une température de 15 à 20 degrés centigrades ; c'est ce que les hygiénistes nomment

le bain *frais*. Mais, encore une fois, fiez-vous-en à vous-même plus qu'au thermomètre, qui ne peut donner que des indications générales : à côté de l'hygiène générale, il y a toujours une hygiène personnelle.

Nous ne saurions trop recommander aux jeunes gens qui jouissent d'une bonne constitution de nager en eau courante et sans s'exposer au soleil. Qu'ils entrent dans l'eau franchement, d'un seul coup, qu'ils se mouillent la tête en même temps que le corps. C'est le meilleur des procédés hydrothérapiques. Rien ne saurait remplacer ce bain à l'air libre, avec exercice, dans une eau renouvelée sans cesse, au bord de la prairie ou de la forêt.

Examinons maintenant l'effet des bains tièdes de 25 à 30 degrés, qui sont de toutes les époques et très-propres à maintenir la peau dans son état normal, pourvu qu'on n'en abuse pas. Malheureusement, les personnes paresseuses ou qui aiment le bain en prennent souvent, et y font un trop long séjour. Cela affaiblit d'abord et débilite par la suite. N'oublions pas que les nations efféminées, que les Romains de la décadence abusaient du bain. Ces derniers avaient inventé les *baignoires-balançoires*.

Femmes nerveuses, hommes fatigués par les travaux du corps ou de la pensée, venez demander au bain tiède de rétablir le calme dans votre pauvre machine. Une chaleur douce et pénétrante vous enveloppe, la peau s'assouplit, se détend, le corps s'imbibe, la respiration se ralentit, un sentiment de bien-être indéfinissable vous gagne.

Mais défiez-vous. Si vouz y restez peu, un quart

d'heure, il vous délassera; si vous y restez trop, au-delà d'une demi-heure, il vous affaiblira.

Au bout d'une heure, vous aurez environ deux litres d'eau dans votre corps, vous pèserez deux kilogrammes de plus qu'avant le bain. Mais le poids n'est rien : les chairs se détrempent en quelque sorte, les muscles se relâchent, perdent de leur contractilité. Vous sortez de là fatigué, et votre corps moite est devenu très-impressionnable à l'air extérieur.

II

LA MEILLEURE ET LA PIRE DES CHOSES

La langue est un véritable faisceau musculaire. Des fibres provenant de muscles divers s'entre-croisent et forment un réseau inextricable. La langue s'allonge, se raccourcit, elle se creuse comme un godet ou se tord comme un serpent, se raidit comme un bâton ou se replie sur elle-même par l'effet des divers filets musculaires. Figurez-vous une étoffe tissée de fils enchevêtrés, et, suivant le fil que vous tirerez, vous déterminerez tels ou tels plis dans l'étoffe.

Tous ces mouvements si variés nous sont nécessaires pour manger ou pour parler.

Même quand on tire la langue, on ne la montre pas dans son entier; elle se recourbe vers le fond de la gorge et se fixe par sa base ou sa racine à la mâ-

choire inférieure et à un os auquel est suspendu le larynx.

Il faut des vaisseaux pour nourrir la langue : aussi trouve-t-on dans son épaisseur des artères et des veines. Il faut des nerfs pour commander aux muscles ; aussi trouve-t-on dans la langue des filets nerveux en grand nombre.

Lorsque je veux donner un mouvement à ma langue, ce sont ces filets nerveux qui portent à ma langue les ordres qui partent de mon cerveau. Si vous coupiez ces nerfs ou s'ils étaient malades, j'aurais beau vouloir, ma langue ne remuerait pas. C'est comme si je donnais des ordres à des domestiques morts ou absents, ou encore comme si je voulais envoyer une dépêche par un télégraphe dont le fil est rompu.

Ces nerfs-là sont ceux du mouvement, mais ce ne sont pas les seuls. La langue est très-sensible au toucher, vous ne pouvez l'ignorer car il vous est certainement arrivé de vous mordre la langue. Vous avez alors ressenti une douleur très-vive. Ce sont des nerfs particuliers qui donnent à la langue cette sensibilité. Coupez ces nerfs, et elle ne sera plus sensible, elle ne vous causera plus de douleur.

Enfin, il y a une troisième branche nerveuse, celle qu'on nomme le *nerf lingual*, qui est spécialement préposé au goût. Lorsqu'on coupe ce nerf à un animal, toute saveur lui devient indifférente ; il n'y a plus pour lui ni amertume ni douceur, vous pouvez lui donner à manger les aliments les plus aigres et les plus salés sans qu'il s'en doute. Mais la langue, insensible aux saveurs même, peut en-

core être insensible au toucher et conserver toute sa mobilité.

Cela fait donc trois branches nerveuses distinctes : une pour les mouvements (nerfs moteurs), une pour la sensibilité du toucher (nerfs sensitifs), une pour la gustation (nerf lingual).

Bien que la langue soit le principal organe du goût, les autres parties de la bouche, le palais surtout, sentent les saveurs. Aussi on *goûte* mieux en appliquant la langue sur le palais.

Enfin, la langue est enveloppée d'une peau, la peau intérieure ou membrane muqueuse, qui tapisse la bouche et l'intérieur du corps. Cette peau se replie au-dessous de la langue où elle forme le *frein* ou le *filet*. De là l'expression : *On lui a bien coupé le filet*, en parlant d'un bavard.

La surface de la langue est rugueuse ; elle présente de nombreuses petites cavités séparées par des éminences ou *papilles*. Cela forme autant de petits godets dans lesquels se déposent les corps dissous, car, avant tout, la dissolution est nécessaire à la gustation. Un caillou insoluble est insipide, tandis que le sel et le sucre ont une saveur marquée.

On peut distinguer, parmi les saveurs, le doux, l'amer, l'aigre et le salé. Ni l'âcre ni le piquant ne sauraient être considérés comme des saveurs ; ce sont des sensations qui tiennent plus du toucher que du goût.

Voulez-vous conserver toute la délicatesse de votre goût, évitez les saveurs excessives, évitez ce

qui peut irriter la surface de la langue. L'usage du tabac, de l'eau-de-vie et de certaines épices est funeste à ce sens. Les condiments anglais où le vinaigre, la moutarde et le poivre entrent pour une large part, doivent être rejetés non moins à cause de la langue qu'à cause de l'estomac.

Donnez du bon vin à l'homme habitué à boire du vin frelaté et chargé d'eau-de-vie, il ne l'appréciera pas. C'est comme si vous vouliez faire sentir la finesse d'un tissu à un ouvrier qui aurait les mains calleuses. Remarquez que l'habitude des saveurs fortes existe soit chez les peuples qui n'ont ni goût, ni art culinaire, soit chez ceux qui ont corrompu leur goût.

Mais la langue ne nous sert pas seulement à apprécier les saveurs, elle fournit à l'observateur des indications fort utiles. En voici quelques-unes dont vous pourrez faire votre profit :

La langue est-elle recouverte d'une sorte d'enduit blanc jaunâtre ? c'est l'estomac qui est embarrassé. — Est-elle rouge, pointillée surtout au bout? les intestins (boyaux) sont malades. — Est-elle sèche, noirâtre, fendillée ? on peut craindre une fièvre typhoïde.

Ses mouvements, son immobilité ont aussi une grande importance. Si, par exemple, elle est tournée de côté, involontairement bien entendu, on peut être sûr d'une maladie du cerveau.

Vous voyez que l'on a des indications plus certaines en regardant la langue qu'en l'écoutant parler. Elle peut mentir quand elle sert d'instrument à

la pensée, elle ne ment pas lorsqu'elle annonce l'état du corps.

Puisque je viens de parler du mensonge, il faut que, par compensation, je répète, après Esope et bien d'autres, que si la langue, au point de vue moral, est la pire des choses, elle en est aussi la meilleure.

II

LE NEZ ET LES ODEURS

Les dictons sur le nez sont des plus populaires. Si un objet est en évidence, on ne manque pas de dire qu'on le voit comme le nez au milieu du visage. — On fait allusion à la position avancée du nez lorsqu'on dit qu'Albert ne met jamais le nez dans un livre, tandis qu'Edmond fourre son nez partout. D'un homme qui a du tact ou de la prévoyance, on dit qu'il a le nez fin, comme pour indiquer qu'il prévoit les événements comme on sent les corps, c'est-à-dire à distance; et de celui qui ne sait pas prévoir, on dit qu'il n'a pas de nez.

Le nez est, en effet, admirablement propre par sa disposition et sa conformation au rôle qu'il est appelé à remplir. C'est une sorte de petite cheminée dans laquelle l'air pénètre et s'élève emportant

les odeurs à chaque inspiration. Le tuyau va se rétrécissant jusqu'à la partie supérieure, où se trouve la communication du nez avec la bouche.

Une cloison flexible en partie, qui partage en deux les *fosses nasales* et des replis en forme de gouttières augmentent la surface intérieure du nez. Les odeurs sont donc saisies par un grand nombre de points. De plus, ces parois sont maintenues constamment humides, et les parcelles des corps odorants s'y fixent comme la poussière sur un corps mouillé.

Jusque-là, il ne s'agit que d'un appareil propre à recueillir les parcelles odorantes, d'une sorte de filet à nombreux replis et à grande étendue qui les recueille au sein de l'atmosphère. Mais au-dessous de la muqueuse s'épanouit le nerf des odeurs (*nerf olfactif*), qui va happer, pour ainsi dire, les molécules à l'aide de ses nombreux rameaux. Ceux-ci tapissent l'intérieur du nez et sont plus nombreux, plus ramassés tout en haut, à la racine du nez, où les canaux sont plus étroits et plus humectés. Le nerf porte au cerveau qui les apprécie les impressions qu'il a reçues.

Là se borne le rôle de ce nerf; il ne sait que *sentir*. Le froid et le chaud, la lumière ou les ténèbres lui sont indifférents. Il n'est sensible qu'à une bonne ou à une mauvaise odeur. Il a une mission spéciale et ne remplit que cette mission.

Les personnes qui *prisent* du tabac déterminent une légère irritation dans l'intérieur du nez; aussi le liquide abonde-t-il pour éteindre le feu. C'est un véritable vésicatoire dont il ne faudrait

faire usage que lorsque le besoin s'en fait sentir, car l'habitude du tabac a bien vite émoussé l'odorat et affaibli l'action irritante. Ce n'est plus alors qu'une coutume malpropre.

Combien doivent être ténues les parties des corps qui pénètrent dans le nez et que nous sentons ! Il est difficile de s'en faire une idée. Nous connaissons des corps qui ne sont visibles qu'au microscope : par exemple, les globules rouges qui nagent dans notre sang et lui donnent sa couleur, ont un 150e de millimètre, c'est-à-dire que 150 de ces lentilles à la file n'occupent pas plus d'un millimètre de longueur. Eh bien ! ce ne sont pas les plus petits : il y a des globules d'un 400e de millimètre dans le sang de certains animaux.

Certains fils métalliques ont une épaisseur d'un millième de millimètre.

Les feuilles d'or avec lesquelles on dore les cadres, les lettres d'enseigne, etc., sont tellement minces qu'elles s'envolent au moindre souffle, bien que l'or soit un des corps les plus lourds. Deux cent mille de ces feuilles superposées, empilées, font une épaisseur d'un centimètre environ.

Les fils dont l'araignée tisse sa toile, et qui sont si déliés, sont formés d'un certain nombre de fils tellement fins, qu'ils sont invisibles à l'œil nu.

Les animalcules microscopiques ont des dimensions analogues à celles des globules du sang.

Mais combien cette division, déjà extrême, est dépassée par celle des particules odorantes ! Quand on songe qu'un morceau de musc répand son odeur dans une vaste chambre, en imprègne les meubles

et les vêtements, et qu'on ne peut pas apprécier la perte de poids qu'il a faite, tant elle est faible! Il a répandu autour de lui des myriades d'atomes dont l'ensemble ne peut faire incliner la balance la plus délicate.

Et le parfum du camphre, et le parfum des fleurs, et les miasmes délétères qui portent la mort au sein des populations, sans qu'on puisse en trouver la trace dans l'air qui les transporte!

Les corps odorants très-volatils, comme le camphre et l'éther, répandent rapidement dans l'air leur *poussière* invisible et impalpable; aussi leur odeur est-elle plus vive, plus pénétrante; mais il n'en faut pas conclure qu'un corps très-volatil soit nécessairement un corps odorant. Voyez la plupart des gaz, ils sont inodores. La vapeur d'eau l'est également.

L'odeur n'appartient point aux corps, c'est nous qui la créons. Le corps ne fait que répandre sa poussière, le nez seul est fait de telle sorte que le contact de cette poussière éveille l'impression que nous nommons odeur. C'est en nous et non dans les corps que se trouvent les qualités que nous leur attribuons. Le corps est l'occasion, voilà tout.

Le nez crée l'odeur comme l'oreille crée le son, et de même qu'il y a des sons trop graves ou trop aigus, que notre oreille ne saisit pas, il y a sans doute des odeurs qui nous échappent. Certains sauvages n'ont-ils pas l'odorat plus subtil que le nôtre? Ne connaissons-nous pas la délicatesse d'impression du chien?

On raconte qu'une jeune Américaine devenue aveugle herborisait dans la prairie, grâce à la

finesse de son odorat. Au milieu des fleurs de toutes sortes, elle les cueillait et les nommait avec une rare précision. — On a vu certaines personnes s'évanouir parce que non loin d'elles se trouvaient certaines fleurs ou certains fruits qu'on ne leur avait pourtant pas montrés.

Lorsqu'on voit l'action si vive des parfums sur notre organisation, on ne peut s'empêcher d'observer combien la quantité de matière est peu en rapport avec l'énergie de ses effets. Quelques fleurs dans une chambre occasionnent un mal de tête, souvent suivi d'accidents plus graves, quelquefois même de la mort! Quelques miasmes répandus dans l'air suffisent pour le corrompre.

Nous dirons à ce propos qu'on s'y prend souvent mal pour chasser une odeur désagréable ou funeste. On répand un nouveau corps odorant dans une chambre d'où l'on veut faire disparaître une odeur, et on ne s'aperçoit pas qu'on ajoute une nouvelle odeur à celle qui s'y trouvait déjà. L'odeur la plus faible semble disparaître comme disparaît une faible lumière dans un rayon de soleil.

Si l'on emploie le chlore, c'est une autre affaire. Ce corps altère la composition de la matière odorante, il la détruit en donnant naissance à des composés inodores. Quant au charbon il désinfecte d'une autre manière : il condense dans ses nombreux pores la poussière odorante.

IV

L'OREILLE ET LE SON

I. — L'Organe.

On définit généralement l'ouïe, celui de nos sens qui perçoit le son; on devrait dire plutôt : celui qui crée le son. Toutes les cloches seraient en branle, tous les canons tonneraient, tous les vents mugiraient, qu'il n'y aurait que du mouvement dans le monde, et pas du tout de son, si l'oreille n'existait pas. Elle reçoit des mouvements qu'elle transforme en son.

Pour bien des gens, l'oreille consiste dans cette partie extérieure, le *pavillon*, moitié rigide, moitié flexible. Ce n'est là que la partie extérieure de l'or-

gane. Pénétrons plus avant pour le connaître tout entier.

En un point du pavillon, on aperçoit l'ouverture d'un conduit, le *conduit auriculaire*, fermé à l'autre bout par une peau tendue en travers comme la peau des tambours : c'est le *tympan*.

Derrière cette membrane se trouve une cavité, la *caisse* du tympan, où débouche un nouveau conduit venant de l'arrière-bouche, la *trompe d'Eustache*. Les deux faces du tympan sont donc en contact avec l'air. On voit par là qu'il n'existe pas de communication du dehors au dedans de la bouche à travers l'oreille.

Dans la caisse sont suspendus quatre petits os que leur forme a fait nommer : le *marteau*, l'*enclume*, le *lenticulaire* et *l'étrier*. Ces osselets forment une chaîne qui va du tympan à deux autres membranes analogues qui ferment des ouvertures nommées *fenêtre ronde* et *fenêtre ovale*.

Enfin, de l'autre côté de la caisse, plus profondément engagé dans le crâne, se trouve le *vestibule*, un tout petit espace qui donne accès dans des tuyaux plus petits en forme de demi-cercles (*canaux semi-circulaires*), et dans un tuyau contourné comme la coquille d'un *limaçon*, et qui porte ce nom. Dans ces derniers compartiments flottent, dans un liquide, les rameaux du nerf qui donne la sensation du son (*nerf acoustique*).

II. — Le Son.

Pour nous rendre compte de la formation des sons, pinçons une corde de violon, nous la voyons aussitôt s'écarter à droite et à gauche de la position fixe où elle était. Ses allées et venues sont si rapides, que notre œil la perçoit en même temps dans ces diverses positions, de sorte qu'elle nous semble beaucoup plus grosse qu'elle n'est en réalité. Nous disons alors que la corde vibre. A ce moment, chaque parcelle infiniment petite de la corde revient au point qu'elle occupait après des oscillations répétées, comme un balancier qui retourne à la verticale, après une série d'allées et venues.

Ces vibrations sont transmises par l'air aux corps environnants. Les autres corps peuvent également les transmettre; c'est ainsi qu'on entend les bruits du voisin à travers le mur mitoyen; on peut également entendre le bruit de la locomotive, lorsqu'elle est encore très-éloignée, en plaçant l'oreille sur la terre; le sauvage, appuyant son oreille sur la terre, entend le bruit des pas d'une peuplade en marche, et apprécie même, dit-on, la légèreté ou la lourdeur des pas.

Mais les vibrations ne sauraient se propager dans un espace vide, il suffit même que l'air soit plus ou moins léger pour que l'éclat d'un son soit modifié. Aussi les bruits s'éteignent-ils dans les régions

élevées de l'atmosphère. On est frappé du silence qui y règne et de l'affaiblissement des sons.

On s'explique ainsi les variations d'intensité qu'éprouve un même bruit, celui du tonnerre ou du canon, par exemple, dans sa marche à travers des couches d'air de densité différente.

On peut se faire une idée de la manière dont le mouvement vibratoire se propage en observant ce qui se passe à la surface d'une eau tranquille quand on y laisse tomber une pierre : il se produit une série de cercles concentriques et de plus en plus grands autour du point troublé. On croit au premier abord que c'est le même cercle qui va grandissant jusqu'aux limites de la pièce d'eau, mais en y regardant de plus près, on voit que l'eau est immobile dans le sens horizontal et qu'elle s'élève et s'abaisse sur place, ce dont il est facile de s'assurer à l'aide d'un petit flotteur.

Si on laisse tomber deux, trois, quatre pierres, on obtient deux, trois, quatre groupes de cercles semblables qui s'entrecroisent et se propagent sans s'altérer. De même, lorsque nous entendons plusieurs sons, ils nous viennent par des groupes distincts d'ondulations aériennes.

Enfin, tous les sons marchent du même pas; quelle que soit leur hauteur, leur intensité et leur timbre, tous font en moyenne 340 mètres par seconde, dans l'air, car leur vitesse ne dépend pas d'eux, mais du corps qui les transmet. Aussi vont-ils plus vite dans l'eau (1435 mètres par seconde), et beaucoup plus encore dans les corps solides (de dix

à quinze fois plus vite que dans l'air selon la nature du corps solide).

Biot eut l'occasion de comparer la vitesse du son dans l'air avec celle du même son dans la fonte. Un kilomètre de tuyaux environ venait d'être posé pour la conduite des eaux dans Paris; il fit placer un timbre à l'une des ouvertures; des observateurs se trouvaient aux deux extrémités : chaque fois que le marteau frappait, on entendait distinctement deux sons, l'un qui venait par l'air renfermé dans le tuyau, l'autre par le tuyau lui-même. Il reconnut que ce dernier marchait environ dix fois plus vite que le premier.

Ce fut aussi pour l'illustre physicien l'occasion de constater ce fait, que dans un tuyau, le son se transmet sans rien perdre de son intensité, car les ondulations ne s'étendent pas, comme dans l'air, sur des espaces de plus en plus grands. Les mots, prononcés aussi bas que quand on parle à l'oreille, étaient nettement perçus; de sorte que, dit-il, pour ne pas s'entendre, il n'y aurait eu absolument qu'un moyen, celui de ne pas parler du tout.

C'est sur ce principe que sont fondés les tuyaux acoustiques dont on fait un si grand usage aujourd'hui pour parler à distance et transmettre des ordres aux divers points d'un établissement.

Nous avons maintenant une idée de la manière dont le mouvement sonore se produit, se propage et nous arrive. Voyons maintenant comment l'oreille le perçoit.

III. — La Perception.

Examinons successivement les diverses parties de l'oreille, afin de connaître le rôle de chacune d'elles et de juger de leur importance.

Le pavillon est simplement un accessoire, mais cependant il n'est pas inutile. Réuni au *tuyau* auditif, il forme une sorte d'entonnoir qui rassemble les mouvements vibratoires et les dirige vers le tympan.

Voulez-vous vous rendre compte de son rôle ? observez-en les mouvements chez les animaux; où il offre un certain développement, le chien, par exemple. Quelque bruit l'inquiète-t-il? nous le voyons *dresser* l'oreille, diriger les pavillons du côté d'où vient le bruit ou les tourner vers les divers points de l'espace quand la source du bruit lui est inconnue. Enfin, s'il a peur, s'il a commis une faute, il porte l'*oreille basse* ou fuit en rejetant les pavillons en arrière.

Chez l'homme, les pavillons sont à peu près immobiles; mais si une personne a l'*oreille dure* ou si un léger bruit la préoccupe et qu'elle y prête l'oreille, aussitôt elle incline la tête, contracte la narine, l'œil et le coin de la bouche voisins de l'oreille qui écoute. Tout ce côté de la face est crispé, on dirait que tous ses efforts ont pour objet de modifier la forme du pavillon, de manière à recueillir un plus grand nombre de vibrations.

Voyons maintenant le rôle du tympan.

Parmi les vibrations qui pénètrent dans le conduit, les unes l'atteignent directement, les autres frappent sur les parois du conduit, sont réfléchies, et finissent par y parvenir après une ou plusieurs réflexions. Ainsi le tympan se met à vibrer à l'unisson du corps sonore. Ce que fait la corde de violon, cette membrane le répète fidèlement.

Cependant pour que le tympan vibre facilement il doit être sensiblement plan et par conséquent en rapport avec l'atmosphère par ses deux faces, afin d'être également pressé des deux côtés. De là l'utilité de la *trompe d'Eustache* qui établit la communication entre la *caisse* et la bouche.

Supposez, au contraire, la caisse fermée et la pression de l'atmosphère s'exerçant seulement sur la face extérieure, le tympan peut devenir concave ou convexe, il vibre alors difficilement et l'audition est confuse. C'est ce qui arrive quelquefois à la suite d'un éternuement violent : la trompe d'Eustache est subitement fermée; l'air de la caisse, isolé, a une force élastique différente de celle de l'air extérieur et on entend moins bien. Bientôt après, les parois du tuyau, qui s'étaient un instant collées, se séparent ; l'air extérieur arrive de nouveau par la bouche; l'audition se rétablit. On peut hâter ce moment en imitant le mouvement que l'on fait pour avaler.

On voit, par le rôle qu'il joue, que le tympan est plus important que le pavillon; que l'absence de cette membrane influera sur la sensibilité et la délicatesse de l'ouïe.

Passons maintenant à la chaîne des osselets.

Suspendue dans la caisse et s'arc-boutant, pour ainsi dire, d'une membrane à une autre, elle peut faire éprouver à ces membranes des tensions variables, et les rendre ainsi plus propres à recueillir des vibrations diverses et plus ou moins rapides.

On sait qu'au dessous de seize vibrations il n'y a pas de son pour l'oreille la plus fine et la plus exercée; les vibrations sont alors trop lentes, et les sons qui en résultent trop graves; et au-dessus de cinquante mille vibrations, c'est le contraire; les vibrations sont trop rapides, et les sons résultants, trop aigus. Entre ces limites sont donc compris tous les sons que nous pouvons apprécier, et dont le musicien fait usage.

On peut juger par là que l'échelle des sons ne le cède pas à la plus riche palette pour les ressources qu'elle offre à l'artiste. On comprend également la nécessité d'un appareil aussi compliqué que l'oreille pour percevoir, non-seulement des sons isolés, mais des groupes de sons divers, et des combinaisons variées de ces mêmes sons.

Les osselets peuvent manquer sans que la surdité en résulte, mais l'appareil sera moins complet et partant, moins délicat. Cependant si l'un des petits os, l'*étrier*, est détaché, il en résulte de graves conséquences, car dans sa chute il entraîne la cloison qui ferme la *fenêtre ovale*, le liquide qui baigne les filets du nerf acoustique s'écoule, et le nerf ne peut plus saisir les vibrations.

Ainsi, en avançant de l'extérieur à l'intérieur, du pavillon au nerf acoustique, nous trouvons des par-

ties de l'oreille de plus en plus importantes. D'abord l'*oreille externe*, c'est-à-dire le pavillon et le conduit auditif, qui constitue le collecteur des vibrations; puis l'*oreille moyenne*, c'est-à-dire le tympan, la caisse et les osselets, auxiliaires utiles pour l'appréciation délicate et précise des vibrations; enfin l'*oreille interne*, c'est-à-dire le vestibule, les canaux semi-circulaires, le limaçon et le nerf acoustique, indispensable à la perception et à la finesse de la sensation.

Ces dernières parties de l'organe de l'ouïe sont soigneusement abritées dans un os du crâne, que sa dureté, son épaisseur et sa forme ont fait nommer le rocher.

IV. — Le Timbre.

Chacun de nous reconnaît la voix d'un ami, même lorsqu'elle est mêlée à d'autres voix inconnues. Si quelqu'un vient à chanter, sa voix peut être sympathique ou antipathique, bien que la personne, artiste parfait, obéisse à toutes les règles de l'art.

Il y a donc, dans la voix, quelque chose qui n'est ni sa force, ni sa gravité, qui fait que la même note produite par divers instruments diffère dans chacun d'eux. Personne ne confondra le même *ut*, le même *sol* produits par un violon et une flûte; chaque instrument, chaque personne a un *timbre* particulier.

Le *timbre*, tel est le nom donné à cette qualité du son qui en est pour ainsi dire la couleur.

« Comme les sons, dit Lamennais, les couleurs sont par elles-mêmes indéterminées, elles ne représentent comme eux que des formes vagues, flottantes, insaisissables. »

C'est le dessin qui détermine les images des corps, qui en fixe les contours. Le portrait d'une personne est d'abord dans le dessin, la couleur ne vient qu'après; il se peut même qu'il n'y ait point de couleur, et le portrait existe encore. La ressemblance est dans les contours, dans les linéaments du visage.

Ainsi, dans le langage, les consonnes jouent le même rôle; elles donnent la forme à la voix. Sans les consonnes, la voix serait un son, mais un son non articulé. Elles sont, pour ainsi dire, les os des mots dont les voyelles constituent la chair. Les os unis à la chair deviennent un tout. C'est complet. Cela se tient. Ce n'est pas flottant, indécis, sans consistance; c'est un corps.

Qu'est-ce donc qui produit le timbre? la nature du corps? sa substance, sans doute? Mais de quelle façon intervient-elle?

On sent bien, en effet, que le timbre est quelque chose d'intime, de particulier, de spécial, et qui caractérise le corps sonore; mais si l'on s'en tient là, c'est comme si l'on se bornait à dire, pour expliquer comment croissent les plantes, que c'est la terre qui les nourrit.

Allons plus loin.

Vous n'avez sans doute pas remarqué qu'un corps

qui résonne, corde ou tuyau, ne produit pas seulement le son qui domine et que l'on entend surtout, mais en même temps toute une série de sons qu'on nomme les *harmoniques* du son principal.

Choquez, par exemple, une corde du piano qui donne l'*ut*, et vous entendrez en même temps l'*ut* de l'octave aiguë, le *sol* qui vient après, l'*ut* suivant, etc. Tous ces sons se superposent au son principal, se mêlent à lui et se fondent dans un ensemble harmonieux.

Les sons, nous l'avons dit plus haut, sont dus à des vibrations plus ou moins rapides, des plus petites parties des corps, des atomes, pour les appeler par leur nom. Un corps résonne-t-il ? ce sont les atomes qui s'agitent en cadence. Si elles vibrent lentement, le son est grave ; si elles vibrent rapidement, le son est aigu. Vous pincez une corde, elle vibre, elle rend un son. Vous posez la main dessus, vous arrêtez et les vibrations et le son. Ainsi vous faites pour éteindre le bruit de votre verre, lorsqu'à table vous l'avez involontairement choqué.

Quand une corde vibre dans toute sa longueur, dans sa totalité, elle vibre encore et séparément dans chacune de ses parties, comme si elle était formée de plusieurs cordes partielles vibrant chacune indépendamment et pour son propre compte.

Une comparaison nous permettra de faire comprendre ce fait. qui peut sembler tout d'abord un peu étrange. Imaginez un corps d'armée qui va s'ébranler pour la bataille ; les ordres ont été donnés par le chef qui a conçu le plan ; ils sont transmis aux généraux, aux colonels, aux commandants, etc. Bientôt

le mouvement commence, le soldat se déplace et aussi les pelotons, les compagnies, chacun dans un certain sens. Autant de petits mouvements particuliers distincts que chacun accomplit ; mais tous ces petits mouvements concourent à un mouvement total, celui du corps d'armée, et tandis que chacun accomplit sa tâche spéciale, le chef voit se réaliser le mouvement d'ensemble.

Ainsi, le corps sonore, tout en vibrant dans sa totalité, vibre dans ses parties, et les mouvements partiels forment le mouvement total par leur ensemble.

Or, à ces mouvements divers de la corde correspondent des sons également divers. Telle est l'origine des harmoniques du son fondamental.

C'est de cette association des harmoniques et du son fondamental que résulte le *timbre*. Si les harmoniques varient en nombre, en intensité, en quantité, le timbre varie. Or, c'est ce qui a lieu suivant la substance qui vibre, et de là toutes les différences que présentent les timbres.

Ce n'est pas une vaine théorie que nous venons d'exposer. Des appareils ingénieux, exécutés par un jeune et habile constructeur, M. Kœnig, permettent d'analyser un son, de le décomposer, de le disséquer, si nous osons parler ainsi, comme on fait d'un rayon de soleil que l'on sépare en rayons colorés, ou bien de prendre les divers harmoniques et de les mêler, comme si l'on mêlait des couleurs pour obtenir la couleur composée. Cela fait deux procédés, un par décomposition, un par recomposition ; un d'analyse, un de synthèse.

Nous ne voulons donner que celui qui nous semble le plus facile à saisir, c'est le dernier. Il se compose d'un ensemble de diapasons de grandeurs diverses, calculés de manière à fournir les harmoniques successifs de l'un deux. Chacun à une boîte sonore jouant le même rôle que la boîte des instruments de musique, à savoir de renforcer le son. On fait résonner simultanément les divers diapasons, et, suivant qu'on bouche l'ouverture d'une boîte ou qu'on la laisse libre, on éteint ou on renforce le son correspondant. On peut ainsi, à volonté, mêler un nombre quelconque de sons d'intensités variables, et on entend, comme résultat, des sons à timbre différents, absolument comme si, prenant des couleurs sur la palette, on les mêlait pour obtenir des nuances variées.

V

GARE A VOS YEUX

L'ÉTUDE — LA VEILLÉE — LE LORGNON

§ 1

— Pensez-vous, mon ami, que les yeux soient des organes utiles et agréables ?

— Cela ne fait pas de doute.

— N'est-ce pas grâce à la vue que nous jugeons de la figure et de la couleur des corps, que nous appréciions les distances, que nous jouissons du spectacle de la nature et de la beauté des chefs-d'œuvre de l'art ?

— J'en suis persuadé.

— Ainsi, nous voyons tous les jours des gens qui ne peuvent jouir d'un paysage ni d'un tableau,

ou qui passent à côté de leurs amis sans les reconnaître, parce qu'ils ont de mauvais yeux.

— Je suis moi-même dans ce cas, et je parcours maintenant les rues sans chercher à voir les gens ; j'ai renoncé à la vue de paysages étendus ; je ne visite plus les musées ; je sens le monde m'échapper peu à peu à mesure que je perds la plus douce des sensations ; enfin, je suis limité dans mes lectures et dans mes travaux, ce qui est sans contredit une des plus dures conditions.

— Vous croyez donc, comme moi, qu'on ne saurait avoir trop de soins pour un organe aussi délicat et aussi précieux que les yeux ?

— Assurément.

— Voyez pourtant comme les hommes sont inconséquents : ils apprécient ainsi que vous et moi la valeur des yeux, et cependant on dirait qu'ils les usent à plaisir. Mais, si vous voulez bien, je vais d'abord vous dire en deux mots comment est fait un œil et comment il fonctionne.

— Volontiers.

— Vous ne voyez de l'œil qu'une faible portion ; il est presque en entier caché dans cette grotte (*orbite*) que surplombe le front et qu'ombrage le sourcil. La forme de l'œil est à peu près celle d'une boule.

L'enveloppe, sur la partie antérieure, est transparente, (*cornée transparente*), les rayons lumineux devant la traverser. On peut la comparer au verre d'une montre ; le reste de l'enveloppe est opaque (*cornée opaque ou sclérotique*).

Derrière la cornée transparente se trouve un

écran circulaire percé d'un trou rond, la prunelle (*iris*), dont la couleur est ce qu'on nomme la couleur de l'œil. — Pour continuer notre comparaison, nous dirons que si la cornée est le verre de la montre, la prunelle en est le cadran. — A travers la pupille se voit l'intérieur de l'œil qui est noir comme une chambre obscure ; aussi, bien des gens croient-ils que la pupille est une tache noire.

Derrière le petit rideau qui forme l'iris se trouve suspendu le *cristallin*, corps transparent et bombé.

Enfin, l'œil est rempli de liquides visqueux qui le maintiennent gonflé comme un sac plein. Le fond est tapissé d'un réseau nerveux à mailles fines, déliées, formé par les filets du nerf optique : c'est la *rétine*.

Un organe aussi délicat que l'œil ne saurait être trop protégé. Aussi, outre qu'il est abrité dans l'orbite, le *sourcil* s'avance comme un auvent, empêche la sueur du front de tomber dans l'œil, et projette sur cet organe une ombre salutaire. Un double rideau, les *paupières*, bordé de franges, les *cils*, sert à limiter la quantité de lumière qui entre dans l'œil, et même à empêcher complétement l'entrée des rayons lumineux. Enfin, les larmes, dont les réservoirs se trouvent au-dessus de l'œil, nettoient constamment la cornée transparente, et coulent abondamment si une cause d'irritation agit sur l'œil. Après avoir lavé la cornée, elles se rendent dans le nez par un petit canal situé à l'angle interne de l'œil.

Vous avez maintenant une idée suffisante de l'œil ; laissez-moi vous dire succinctement comment il fonctionne.

— Vous avez sans doute fait faire votre portrait chez un photographe?

— Oui.

— Vous avez alors remarqué la boîte cubique qui porte en avant un petit tuyau?

— La chambre obscure.

— Eh bien, dans ce tuyau que le photographe dirige sur vous, se trouve un verre bombé en forme de lentille (*objectif*). Ce verre forme l'image que l'on voit se peindre sur la face de derrière de la boîte, où se trouve un verre dépoli.

— Je comprends : le cristallin joue le rôle du verre, la boîte c'est l'œil, et les images viennent se former sur le fond de l'œil où s'épanouit la rétine.

— C'est compris. — Ajoutons que non-seulement la rétine reçoit les images, mais qu'elle les porte au même instant au cerveau qui les sent; c'est-à-dire que l'œil prépare ce qu'apprécie le cerveau. Il n'y a pas deux opérations distinctes, savoir la formation de l'image sur ce fond de l'œil, puis la perception de cette image. Au moment où elle se forme, l'image est perçue. Nous ne sommes pas comme un individu placé derrière l'œil et qui regarde l'image qui s'y trouve. S'il en était ainsi, on aurait raison de dire que nous voyons les objets renversés car ils se peignent renversés sur le fond de l'œil comme sur le verre dépoli de la chambre obscure du photographe.

— Ainsi, ce n'est pas notre œil qui voit, c'est nous.

— Cela est tellement vrai que, si la rétine est paralysée, la vue est perdue, quoique le reste de l'œil

n'ait aucunement souffert et que les images continuent à se former au fond. On peut même atteindre la rétine dans sa racine, dans les tubercules qui sont l'origine des nerfs optiques, et qui se trouvent au cerveau. Si un tubercule est enlevé, la vue est perdue. Et, chose curieuse, la destruction d'un tubercule fait perdre la vue de l'œil du côté opposé. Le tubercule droit correspond à l'œil gauche *et vice versa.*

Vous êtes maintenant en mesure de mieux comprendre avec quelle légèreté on traite ses yeux. Qui s'est jamais préoccupé de laisser reposer ses yeux avant qu'ils se refusassent à leur service ?

— Cela est vrai, on attend que la vue se trouble pour s'arrêter quand on lit, qu'on écrit ou qu'on fait des recherches.

Ce n'est rien encore; mais on s'obstine à regarder des objets trop petits ou trop peu éclairés, ce qui est funeste. Celui-ci perd ses yeux à déchiffrer des manuscrits, celui-là à des recherches faites à l'aide du microscope. On travaille le soir, à la lumière, et cela est mauvais; par contre, on se lève tard et on perd de bonnes heures du matin. Après avoir lu, on écrit pendant la soirée, on veut encore lire dans son lit, ce qui est détestable, parce que, d'une part, le cerveau est actif pendant que le corps est horizontal, ce qui peut provoquer une congestion, et que, d'autre part, la direction imprimée aux yeux est mauvaise.

— Je vous demande pardon de vous arrêter dans vos sages observations, mais j'ai besoin de me jus-

tifier. Je lis dans mon lit pour m'endormir, et, si je ne lis pas, je m'endors difficilement.

— Si vous ne dormez pas, c'est que vous ne faites pas assez d'exercice, ou que vous restez trop longtemps au lit; ou même pour les deux raisons. Le sommeil vient à celui qui l'appelle par les moyens réguliers : il en est du sommeil comme de l'appétit.

— Et le temps, je vous prie, quand on a ses affaires, de suivre un régime?

— Ce régime, croyez-moi, vous serez châtié pour ne l'avoir pas suivi ; un jour ou l'autre, votre corps reprendra ses droits. Par l'excès de travail, votre travail sera moins fructueux et la maladie viendra à la suite de l'excès. Il n'y a pas deux poids et deux mesures, une bonne administration convient aussi bien à votre maison qu'à votre corps; il n'est jamais bon de faire bombance pour jeûner après.

— Je ferai mon profit de vos conseils.

— Evitez autant que possible les couleurs blanche et rouge; reposez plutôt vos yeux sur le vert et le bleu. Les arbres et les prairies sont verts, le ciel est bleu, n'est-ce pas là une indication?

— Ainsi, d'après vos conseils,

Il ne faut pas regarder des objets trop petits ou trop peu éclairés.

Il faut lire de préférence des caractères assez grands, assez nets, suffisamment éclairés et autant que possible par la lumière naturelle.

Il faut éviter de lire pendant qu'on est couché et d'avoir devant les yeux des couleurs brillantes.

— C'est cela même.

Il me reste à vous parler de l'usage et de l'abus du lorgnon.

§ 2

L'œil peut avoir des défauts ; la vision peut être imparfaite. Tantôt on ne voit distinctement que des objets éloignés, on est *presbyte*. Tantôt, au contraire, on ne peut voir nettement les objets qu'à une faible distance, on est *myope*.

— Et quelles sont, je vous prie, les parties de l'œil qui, ne se trouvant pas dans leur état normal, causent la myopie ou la presbytie ?

— Cela n'est pas si simple qu'on le pourrait croire après la lecture des ouvrages élémentaires. Souvent on dit que chez le myope la cornée est trop bombée, et chez le presbyte pas assez.

— C'est, en effet, ce que j'avais entendu dire et il m'avait semblé que les myopes que j'ai observés avaient les yeux saillants et bombés.

— Cela est vrai quelquefois, mais vous n'avez pas remarqué les myopes chez lesquels la cornée n'est point du tout bombée.

Bien des causes produisent la myopie, à part la convexité de la cornée, qui d'ailleurs influe peu. La pièce importante de l'œil, c'est le cristallin. Il influe par sa forme plus ou moins convexe, par sa matière qui rend les rayons lumineux plus ou moins convergents. Enfin, la distance du cristallin à la cornée antérieure est variable.

— Les liquides qui emplissent le globe de l'œil n'influent-ils pas?

— A peine. Quant à la presbytie, elle est causée par les défauts opposés, et, en général, elle est la conséquence de la vieillesse. Il est rare qu'un myope le soit également des deux yeux; le contraire a lieu le plus souvent. Bien plus, il y a des personnes myopes d'un œil et presbytes de l'autre, et le cas est fréquent.

Chez le myope, comme chez le presbyte, les objets extérieurs ne forment pas leur image sur le fond de l'œil, mais après ou avant. Il faudrait, pour corriger ces défauts, pouvoir faire avancer ou reculer le fond de l'œil comme le photographe fait avancer ou reculer la plaque de verre dépoli, lorsqu'il veut *mettre au point*, c'est-à-dire obtenir une image nette. Nous avons heureusement un autre moyen, c'est l'emploi de certains verres.

Nous donnerons au presbyte des verres convexes qui feront converger les rayons avant qu'ils atteignent l'œil, de sorte qu'ils feront une partie de la besogne que l'œil devrait faire. Au myope, nous donnerons des verres concaves qui font précisément l'effet contraire des premiers, ils rendent les rayons divergents. Dans ce cas, ils ne font pas la besogne de l'œil, mais lui donnent plus à faire.

Naturellement il y a des degrés dans ces défectuosités de l'œil; on est plus ou moins myope et plus ou moins presbyte. Il y a donc des verres de convexité ou de concavité différente au nombre de vingt, le no 1 étant le plus fort, c'est-à-dire le plus



convexe ou le plus concave. C'est là limite des secours que l'art peut accorder à notre vue.

— Ce qui faisait dire par maître Jean, dans un de ses dixains, qu'au-dessous du n° 1, il n'y avait plus qu'un chien.

— Justement. Maître Jean voulait dire par là qu'on est bien près d'être aveugle quand le n° I ne suffit pas.

Les plus faibles des verres convexes se nomment *conserves*, les plus forts sont des *loupes*.

— Les lunettes me semblent fort utiles ; aussi je me demande comment on faisait avant que Roger Bacon les eût inventées.

— On s'en passait. Il faut ajouter qu'on en avait moins besoin. L'étude et certains travaux délicats contribuent à augmenter le nombre des myopes. Voyez s'il y a autant de myopes à la campagne qu'à la ville, chez les commerçants et les industriels que chez les savants et les horlogers ! M. Vare rapporte que, pendant vingt ans, sur dix mille soldats anglais, on ne put trouver que six myopes, tandis que l'université d'Oxford en donnait en moyenne trente-deux sur cent vingt-sept étudiants.

Fort heureusement, quand une chose devient nécessaire, les hommes sont sur le point de l'inventer. L'invention est même la conséquence du besoin : car si, par exemple, nous fatiguons nos yeux en étudiant, l'étude qui nous a fatigué les yeux nous a conduits à la découverte des lunettes.

— Vous pensez donc qu'il est bon d'user des lunettes et du lorgnon ?

— Oui, quand on en a besoin. Oui, quand on

choisit bien ses verres et qu'on ne prend pas le même pour chaque œil. Il faut avoir un verre pour chaque œil comme on a un soulier pour chaque pied.

— Comment se fait-il donc qu'usant également de mes deux yeux, ils ne soient pas également bons. Je comprends que je ne puisse pas me servir de la main gauche comme de ma main droite, car je ne les exerce pas également, tandis que je me sers toujours de mes deux yeux pour voir.

— C'est là une erreur. Nous naissons avec des yeux inégaux et qui devraient être rectifiés et harmonisés. On n'y songe pas, on regarde avec ses deux yeux et on croit voir de ses deux yeux lorsqu'un seul fonctionne. Peu à peu celui qui ne travaille pas devient plus mauvais encore par défaut d'exercice. Voilà pourquoi, ainsi que je vous le disais il y a un instant, on peut être myope et presbyte ou myope à des degrés divers de chaque œil.

S'il est bon d'user des lunettes et du lorgnon lorsque les yeux l'exigent, il est funeste de s'en servir sans nécessité. Je me récrie sur l'abus qu'on en fait; bien des jeunes gens prennent le lorgnon par ton, comme le cigare; après quelques difficultés ou quelques souffrances, on s'y accoutume; on façonne ses yeux, on les fausse pour les apprivoiser au lorgnon. L'œil est docile. Ne voit-on pas, chaque année, à l'époque de la conscription, de jeunes conscrits arriver, par l'exercice, à exagérer certains défauts de leurs yeux. Quant à ceux qui prennent les lunettes par besoin, je leur reproche d'en user sans interruption et de ne pas chercher à combattre

les infirmités de leurs yeux par une bonne direction et une sorte d'éducation de ces organes.

Il n'est pas douteux que notre corps se modifie dans le cours de la vie, et par conséquent, nos yeux ne peuvent rester les mêmes. Il faut donc graduer, en l'affaiblissant, l'intensité des verres qu'on emploie, de manière à modifier l'œil dans un sens favorable.

Je conclus :

1° Qu'il faut des lunettes à verres distincts ;

2° Qu'il faut changer de verres en les choisissant de plus en plus faibles ;

3° Qu'il ne faut pas se servir constamment de ses lunettes ;

4° Enfin, que l'usage du *pince-nez* lorsqu'il *pince* le nez et l'abîme, est déplorable.

HISTOIRE NATURELLE

L'ÉCHELLE DES ÊTRES

15.

I

LES ANIMALCULES

Il vous souvient de *Micromégas,* ce charmant conte de Voltaire : c'est le récit des aventures d'un habitant de Sirius et d'un habitant de Saturne voyageant de compagnie et arrivant sur la terre. Ils sont de si grande taille, que tout leur paraît petit, et au premier moment ils n'aperçoivent point les hommes. Par hasard, le collier du Sirien s'étant rompu, deux des verres bombés de ce collier, convenablement ajustés, forment un microscope puissant, et voilà le Sirien et le Saturnien surpris à la vue de la fourmilière humaine. Rien ne leur semble plus merveilleux que ces petits êtres qu'on nomme des hommes, véritables éphémères qui pensent, agissent et gouvernent le monde, tout en se gouvernant fort mal entre eux.

A mon tour, j'ai fait le voyage du Sirien, j'ai vu les populations les plus étranges, les êtres les plus curieux, s'agitant, se dévorant ; les gros mangeaient les moyens qui, à leur tour se nourrissaient des petits, lesquels vivaient d'autres plus petits qui sans doute en dévoraient de plus petits encore !

Vous savez qu'il y a de très-petits animaux, qu'on nomme *infusoires ;* que ce nom leur a été donné parce qu'ils se trouvent surtout dans les *infusions* de certaines plantes. Ces infusions s'obtiennent tout simplement en mettant du foin, de la mousse, etc., dans un peu d'eau. Vous prenez ensuite une goutte de cette eau, entre deux petites lames minces de verre, et la regardez à l'aide du microscope. Un monde nouveau s'offre à vos yeux ! monde ignoré avant l'invention du microscope !

Il y a des animalcules de toutes les grosseurs, ou plutôt de toutes les petitesses, depuis un quart de millimètre — ceux-là sont les baleines ou les éléphants — jusqu'à un centième et *un millième de millimètre !* Gardez-vous cependant de croire que ce sont les plus petits êtres du monde ; il y a encore ceux qu'on ne voit pas, même avec le microscope.

Les formes des animalcules sont très-variées : les uns ressemblent à de petits bâtons flottants ou à de petits cristaux allongés, ce sont les *bactéries ;* d'autres ressemblent à des œufs de grosseurs diverses, ce sont les *monades.* Voici les *vibrions*, de vrais petits serpents pour l'apparence, parcourant en quelques minutes seulement des espaces d'un quart de millimètre. Et les élégantes *paramécies*, en forme d'amandes, transparentes, pointillées, d'une con-

sistance molle et élastique, et les *anguillules*, les *rotifères*, etc.

Ces populations ne sont pas moins nombreuses ni moins variées que celles que nous voyons autour de nous à l'aide de nos yeux seulement. Chaque plante peut être un asile où s'agitent, se pressent des myriades d'êtres pour qui la goutte d'eau est un océan, le brin d'herbe une forêt.

Laissez-moi vous parler seulement du *Kolpode*, un de ces infiniment petits dont j'ai pu connaître le mode d'existence, grâce à M. Coste, le savant académicien qui professe au Collége de France et à ses aides distingués, MM. Gerbe et Balbiani.

Le *Kolpode* est un infusoire d'assez grande taille, ayant la forme d'un rein (1) ou d'un haricot, qui fourmille dans les infusions de foin. On le voit introduire par une bouche, placée dans le milieu concave de son corps, les monades, les bactéries, les vibrions dans son estomac, et expulser par une autre ouverture, placée à la grosse extrémité de son corps, le résidu de la digestion.

Tout à coup il s'arrête, tourne sur lui-même, se courbe, se ramasse en boule à la façon des cloportes. La plupart de ces petits êtres s'arrondissent ainsi à l'approche d'un danger, ou quand l'eau dans laquelle ils nagent vient à s'évaporer.

Tout en tournant, le kolpode a sécrété autour de lui une sorte de peau dans laquelle il s'enferme comme dans une coque. Désormais il est immobile et offre l'apparence d'un petit œuf.

(1) Vulgairement rognon.

J'avais cru l'existence du kolpode terminée lorsque M. Coste prit une plaque de verre où se trouvaient à sec des kolpodes enfermés dans leur sac et immobiles. Ils étaient là depuis un temps assez long, des jours, des mois ou des années. On pouvait les croire morts. Une goutte d'eau qu'on laissa tomber les réveilla. Ce fut une véritable résurrection.

Les kolpodes se mirent à tourbillonner, à se partager en deux, en quatre parties semblables, ou même en un nombre plus grand. Chaque partie devint un nouveau kolpode, et chacun se mit à tourner dans la coque commune.

Là, ils se livrent à mille mouvements divers, se renflant, s'allongeant, se repliant sur eux-mêmes, heurtant les parois de la coque, comme s'ils voulaient y pratiquer des ouvertures, à la façon des papillons qui brisent leur cocon. Au bout d'un certain temps, qui varie de dix à vingt minutes, ils sont sortis par une fissure, l'un après l'autre, et sont allés se mêler à la population de la gouttelette.

Ce que j'ai vu se passer sous mes yeux dans le champ d'un microscope se produit en grand dans la nature. A la surface des corps, sur les feuilles, les branches, et l'écorce des arbres, sur l'herbe, au fond des mares taries, dans le sable ou la vase desséchée se fixent des légions de kolpodes. Ils sont là, immobiles, enfermés dans leur coque jusqu'à ce que les pluies ou la rosée les rendent à la vie. Alors ils rompent leur enveloppe, trouvent autour d'eux les petits animalcules dont ils se nour-

rissent, et s'enferment dans une nouvelle coque dès que la sécheresse arrive. Ainsi, tour à tour ils passent par ces états successifs de mort apparente et de résurrection.

Prenez une botte de foin, secouez-la au-dessus d'une feuille de papier, recueillez la poussière qui est tombée, humectez-la, et, sous le microscope, vous la verrez s'animer.

En résumé :

Les kolpodes sont sur les plantes à l'état d'œuf ou d'animal encoqué; ils se multiplient dans leur coque en se divisant; ils s'enveloppent une dernière fois jusqu'à la complète dessication de l'infusion pour ne revenir à la vie active qu'après une nouvelle humectation.

Ce n'est pas d'ailleurs un mode d'existence particulier aux kolpodes; d'autres animalcules se multiplient également par division, sans toutefois s'enfermer préalablement dans une coque. Leur vie est également composée de périodes séparées par des intervalles de mort apparente.

Outre les animalcules vivants, il existe les débris d'animalcules qui ont vécu à des époques reculées. Les *foraminifères*, telle est le nom générique donné à ces petits êtres à coquilles qui forment pour la plus grande part le sable des mers et certaines couches de la croûte terrestre. Comment se faire une idée de leur nombre lorsqu'on songe qu'un dé à coudre peut en contenir environ cent mille?

Les foraminifères nous montrent le rôle important que jouent les animalcules dans la formation de l'écorce du globe. On dirait qu'à la suite des secous-

ses violentes qui produisent les reliefs montagneux du globe, et pendant les périodes de calme relatif qui suivent ces grands mouvements, les débris des animalcules amoncelés pendant une longue suite de siècles préparent silencieusement les continents futurs.

II

L'HOMME ET LE SINGE

Un homme d'esprit, M. Edmond About, s'est laissé aller à dire : « L'homme est un sous-officier d'avenir dans la grande armée des singes. » Eh bien ! je souhaite à nos soldats une armée où il y ait autant d'avancement.

Mon ami About a exprimé une idée qui est partagée par bien des gens, surtout en France, où nous avons l'habitude de décider avec une certaine hardiesse sur les points délicats de la science. Ce qui m'affecte péniblement, c'est de voir un homme de sens qui ne sait pas résister à un spirituel paradoxe, comme ces amis qui vous sacrifient pour faire un calembour.

Que le monde se laisse séduire par l'apparente ressemblance de l'homme et du singe, cela se com-

prend. On n'y regarde pas de si près. Demandez à quelqu'un de vous faire un habit ou une maison : Monsieur, vous répondra-t-il, je ne suis ni tailleur, ni maçon, — demandez-lui si l'âme est immortelle, ou ce que vous devez faire pour combattre votre migraine ou encore ce qu'il faut penser de la génération spontanée ; soyez bien sûr qu'il n'hésitera pas à vous donner une solution.

Il y a d'excellentes raisons tirées de l'anatomie pour prouver que l'homme n'est pas un singe perfectionné ; il y en a d'autres que le bon sens fournit. Comment vous donner les premières sans commencer par vous enseigner l'anatomie ? On ne sait pas du premier coup juger les tableaux et les livres ; à plus forte raison ne peut-on connaître sans étude les différences ou les ressemblances anatomiques de deux animaux. Cependant, sans entrer dans le détail, je puis vous faire connaître les principaux résultats des travaux du savant et regretté Gratiolet.

Gratiolet avait particulièrement étudié les singes qu'on nomme les orangs, qui, en apparence, ressemblent le plus à l'homme. Or, un examen attentif de la tête du gorille et du chimpanzé lui fit voir que loin de ressembler à la tête humaine, celle de ces animaux se rapprochait plutôt de celle du chien. On aurait pu croire qu'une tête d'idiot s'en rapprochât davantage et servît à établir le lien entre le singe et l'homme ; mais un idiot n'est pas plus un singe supérieur que le singe n'est un homme inférieur.

Bien mieux, la différence déjà grande entre la tête d'homme et la tête de singe s'accuse d'autant plus

que l'être considéré est plus dégradé, qu'il est placé plus bas dans l'échelle humaine, que son cerveau est moins développé.

Après l'examen de la tête, celui de la main. La tête qui pense, la main qui écrit, voilà bien les éléments par lesquels il faut distinguer l'homme des autres êtres. Penser, parler, écrire, voilà ce qui le distingue. Le reste, il ne l'a pas commun avec le singe seulement, mais avec les autres animaux supérieurs. Qu'importe que le singe ait trente-deux dents comme nous ? Quand il mangerait les aliments que nous mangeons, il lui resterait à inventer le feu, la marmite et la cuisine.

Eh bien ! la main du chimpanzé est à la main de l'homme comme le cerveau du premier est au cerveau de l'autre. Ce n'est pas une main humaine dégrossie, qui est en train de se faire ; non. Les caractères qu'elle présente montrent qu'elle est faite pour un tout autre but. La main du singe est destinée à servir sa bouche ; celle de l'homme est, avant tout, le serviteur de son cerveau. La main du singe lui permet de prendre les aliments dont il se nourrit, de grimper sur l'arbre où ces aliments se trouvent ; la main de l'homme seul dessine, calcule, écrit. La première montre une accommodation matérielle au monde ; la seconde révèle une accommodation supérieure aux fins de l'intelligence.

Mais d'ailleurs, ce que nous disons de la main et du cerveau s'applique au corps entier. Non, le singe n'est pas une ébauche, c'est un animal qui a conservé et qui conservera toujours les caractères de la bestialité. Dans l'homme, au contraire, le type animal se

transfigure de plus en plus. Chaque nouveau progrès dans la connaissance anatomique du singe, dégage de plus en plus l'homme de ce groupe d'animaux. Qu'on cesse donc, une fois pour toutes, de venir parler de transformations qui n'existent que dans la pensée de ceux qui les conçoivent. L'*homme des bois*, comme on le désigne vulgairement, n'offre qu'une ressemblance apparente et grossière qui ne peut frapper que ceux qui n'ont vu de singes qu'en peinture, qui n'en ont jamais vu de vivants ou de morts, n'ont jamais pénétré dans les galeries de musée ou dans les amphithéâtres de dissection et se sont bornés à lire des descriptions menteuses où l'on a exagéré à plaisir et de parti pris quelques aptitudes de ces animaux, afin d'ajouter à leur prétendue ressemblance avec nous. La ressemblance de l'homme et du singe n'existe pas.

Si maintenant nous cherchons d'autres raisons que celles que fournit l'anatomie, nous sommes encore moins embarrassés. Dites-moi où est la marque de l'action exercée sur la nature par les singes? Où sont les sociétés de singes chez lesquelles on trouve les rudiments de nos lois, de notre organisation sociale, de notre administration, de nos mœurs et de nos idées?

Nègres, Esquimaux, Patagons ne sont point des moitiés, des tiers ou des quarts de singes. Tous ont une industrie qui montre l'action d'une intelligence sur la matière, quelque faible que soit l'intelligence; ils se groupent, ils agissent de concert, ils perfectionnent ce qu'ils ont fait. Ce sont des hommes modifiés et non transformés.

Toutes les races humaines se reconnaissent entre elles comme étant de la même famille, et aucun homme, quelque bas placé qu'il soit dans l'échelle humaine, ne s'est avisé d'aller frayer avec les singes, qui l'auraient tué, malgré les liens du sang qui les unissent.

Des travaux récents fournissent de nouveaux arguments contre la prétendue parenté de l'homme et du singe. Un savant physiologiste allemand, M. Vogt, a eu occasion d'étudier une dixaine de *microcéphales* (1) ou *hommes-singes*, le plus grand nombre nés viables et ayant vécu, une entre autres vivante. Dans ces tristes anomalies, M. Vogt avait d'abord vu non une monstruosité, mais une forme *atavique* (2) c'est-à-dire rappelant celle d'un ancêtre de la race, quelque chose d'analogue à la ressemblance si souvent constatée des petits-enfants aux grands-parents et même avec des aïeux plus éloignés.

A ce propos, M. de Quatrefages a fait remarquer avec beaucoup de raison qu'on en pourrait dire autant de toutes les monstruosités, et au lieu de les regarder comme des écarts à la loi générale, les considérer comme un retour à une forme primitive ou ancienne. Or, il y a une distinction importante à établir entre une déviation accidentelle et une adaptation de plus en plus marquée à un but déterminé. La déformation est soudaine et le plus souvent incomplète quant au but qu'on lui suppose; l'adap-

(1) Mot qui signifie *petite tête*.
(2) D'un mot qui veut dire aïeul.

tation est essentiellement progressive et marche vers son but.

Ce sujet, on le voit, continue M. de Quatrefages, touche à la question brûlante de l'origine des espèces, c'est pourquoi, ajoute le savant anthropologiste, je ne suis nullement darwiniste, et j'ai dit ailleurs les motifs tout scientifiques qui m'ont éloigné d'une théorie due à un homme éminent à tant de titres. Mais avant de me prononcer sur elle, je l'avais sérieusement étudiée, j'avais cherché à me rendre compte de ses principes et de ses conséquences. Voilà pourquoi je me suis cru autorisé à protester, *au nom du darwinisme lui-même,* contre une hypothèse présentée à tort, selon moi, comme découlant de cette théorie. Je veux parler de celle qui fait descendre l'homme des singes anthropomorphes.

En effet, dans la doctrine du savant anglais, les transformations n'ont lieu ni au hasard ni en tout sens. En vertu de la sélection naturelle, l'organisme obéissant à des conditions impérieuses, se trouve, par voie d'élimination, modifié et *adapté* de plus en plus à ces conditions. De là il résulte que certaines fonctions prédominent, et que les caractères en rapport avec leur accomplissement s'accusent de plus en plus. De là il résulte aussi qu'une fois engagé dans une certaine voie, l'être organisé peut bien s'élever dans la même direction et subir des modifications secondaires, tertiaires, etc., mais qu'il ne saurait perdre le caractère essentiel de son type originel.

Par conséquent, deux êtres appartenant à des types originairement différents peuvent bien, dans la doctrine de Darwin, remonter à un ou plusieurs

ancêtres communs, mais l'un ne saurait descendre de l'autre. Voilà comment la théorie du naturaliste anglais rend compte d'une manière séduisante de la formation et de la délimitation des groupes (*classes*, *ordres*, *familles*, etc.)

Or, considérés à ce point de vue, l'homme et les singes en général présentent un contraste des plus frappants.

Le premier est un *animal marcheur*, et marcheur sur ses membres de derrière ; tous les singes sont des *animaux grimpeurs*. Dans ces deux groupes, tout l'appareil locomoteur porte l'empreinte de ces destinations fort différentes : les deux types sont parfaitement distincts.

Les recherches modernes démontrent que le type singe, en se perfectionnant, ne perd en rien son caractère fondamental et reste toujours parfaitement distinct du type humain. La doctrine de Darwin conduirait tout au plus à dire que l'homme et le singe ont une origine commune dont ils se seraient l'un et l'autre écartés, mais on ne saurait en aucun cas, darwiniste ou non, voir dans le singe un ancêtre de l'homme. Cette idée, insoutenable scientifiquement, l'est surtout quand on se place au point de vue du darwinisme.

On voit combien nous sommes loin de pouvoir rien affirmer sur nòtre origine. Ceux qui décident se hâtent trop et il est à craindre qu'ils ne subissent l'influence de quelque idée préconçue. On décide ainsi parce qu'on le désire et, dans la solution qu'on choisit, il entre plus de passion que de raison et de science. Rien n'autorise actuellement des affirma-

tions sur la nature de l'homme primitif. Toutefois, ce qui serait de nature à apaiser le débat et à rendre les discussions moins irritantes, c'est que, selon les temps, on a vu des gens très-religieux ou des athées soutenir les mêmes théories. La Bible n'est pas un traité scientifique ; si les origines du monde y sont tracées, c'est à grands traits et sans préoccupation des questions de détails, et lorsqu'on veut s'autoriser de ce livre pour appuyer une théorie, on n'est pas peu étonné de voir qu'il s'accommode tout aussi bien de la théorie opposée. La science se constitue si lentement, après tant de discussions et d'expériences contradictoires, qu'au point de vue religieux, il est au moins imprudent de chercher à établir entre elles un accord qui pourrait n'être que passager. Laissons-les donc dans les questions de détails, chacune dans sa sphère. Et avant tout, soyons sincères.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

MÉCANIQUE.

COSMOGRAPHIE.

PHYSIQUE.

HISTOIRE NATURELLE. — LA VIE D'UNE PLANTE.

HISTOIRE NATURELLE. — LES CINQ SENS.

HISTOIRE NATURELLE. — L'ÉCHELLE DES ÊTRES.

FIN DE LA TABLE

Coulommiers. — Typographie de A. MOUSSIN.

